



**DEHON APARECIDO CORRÊA**

**HERBICIDAS APLICADOS NA PRÉ EMERGÊNCIA DA SOJA  
E EFEITO CARRYOVER PARA O MILHO**

**LAVRAS – MG  
2024**

**DEHON APARECIDO CORRÊA**

**HERBICIDAS APLICADOS NA PRÉ EMERGÊNCIA DA SOJA E EFEITO  
CARRYOVER PARA O MILHO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Adenilson Henrique Gonçalves  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Corrêa, Dehon Aparecido.

Herbicidas aplicados na pré emergência da soja e efeito  
carryover para o milho / Dehon Aparecido Corrêa. - 2024.

60 p. : il.

Orientador(a): Adenilson Henrique Gonçalves.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Planta daninha. 2. Seletividade. 3. Controle químico. I.  
Gonçalves, Adenilson Henrique. II. Título.



*O que torna um sonho irrealizável não é o sonho em si, mas sim, a **inércia** de quem sonha.*

*Alfredo Scheid Lopes (1937-2020)*

*Dedico a minha família, que é o alicerce da  
minha vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em um primeiro momento agradeço a Deus por me conceder a honra de chegar até aqui, sempre comigo nos bons momentos e nos desafios vivenciados nessa caminhada.

Agradeço a minha família que sempre foi a base para seguir em busca de meus objetivos, sempre com conselhos e incentivos para que eu busque sempre o melhor e da forma correta.

À minha mãe Lázara, meu pai, Heitor, meus irmãos, José, Wilson e Ana Júlia, por sempre acreditarem no meu potencial e me apoiarem de todas as formas possíveis para que eu buscasse os meus ideais.

A minha noiva Ariela, que sempre me apoiou e motivou, contribuindo de forma muito significativa para que eu chegasse até aqui.

Ao meu tio José Bento por também ser um grande apoiador dos meus objetivos e sempre estar presente nessa caminhada.

Aos meus avós Luzia, Geraldo, Ismael, Malvina e minha avó de consideração Nazaré, in memoriam.

Ao professor Adenilson, orientador do mestrado, obrigado por me orientar e sempre estar disposto a salientar quaisquer dúvidas da melhor maneira possível.

Aos produtores rurais Vinícius e Diogo, por abrirem as portas das fazendas para que eu pudesse montar os experimentos desta dissertação.

Ao GHPD (Grupo de Estudos em Herbicidas, Plantas Daninhas e Alelopatia) onde fiz grandes amizades ao longo da caminhada, e que também contribuiu muito para o desenvolvimento deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

O uso de herbicidas pré emergentes na cultura da soja é uma ferramenta importante no controle de plantas daninhas em soja, pois são produtos que controlam as plantas daninhas jovens, além de apresentarem efeito residual. No entanto atualmente há falta de informações sobre a seletividade dos novos produtos para a cultura da soja e o carryover sobre as culturas semeadas em sucessão à soja. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de diferentes herbicidas pré-emergentes na cultura da soja e o carryover para a cultura do milho. Dois experimentos foram instalados sob condições de campo nos anos agrícolas de 2022/2023 e 2023/2024 em fazendas produtoras de grãos. Foram utilizados 16 tratamentos, sendo nove herbicidas; Piroxasulfona, Imazetapir, Flumioxazina, S-metolacloro, Fomesafen, Diuron, Clomazona, Diclosulan e Sulfentrazone, além de cinco associações duplas; Flumioxazina + Imazetapir, Flumioxazina + Piroxasulfona, S-metolacloro + fomesafen, Sulfentrazone + Diuron e Piroxasulfona + Imazetapir, e por fim duas testemunhas, uma sem capina e outra com capina manual. No geral, os herbicidas aplicados na cultura da soja mostraram bom controle de plantas daninhas, com boa parte das moléculas apresentando eficácia acima de 80%. A presença de maior volume de palha no sistema gera supressão de plantas daninhas, aumentando assim a eficiência dos herbicidas. Herbicidas pré-emergentes podem causar sintomas de fitotoxicidade na cultura da soja, no entanto, a depender do ambiente de produção, não causam reduções no rendimento da cultura. Foram observados sintomas de intoxicação nas plantas de milho, em função dos tratamentos, porém não afetaram o desempenho agrônômico da cultura.

**Palavras-chave:** Planta daninha; seletividade; controle químico; carryover; sistemas de cultivo.

## ABSTRACT

The use of pre-emergent herbicides in soybean crops is an important tool in controlling weeds in soybeans, as they are products that control young weeds, in addition to having a residual effect. However, there is currently a lack of information on the selectivity of new products for soybean cultivation and carryover on crops sown in succession to soybeans. The objective of this work was to evaluate the effect of different pre-emergent herbicides on soybean crops and the carryover to corn crops. Two experiments were installed under field conditions in the agricultural years 2022/2023 and 2023/2024 on grain producing farms. 16 treatments were used, nine of which were herbicides; Pyroxasulfone, Imazetapyr, Flumioxazine, S-metolachlor, Fomesafen, Diuron, Clomazone, Diclosulan and Sulfentrazone, in addition to five double associations; Flumioxazin + Imazetapyr, Flumioxazine + Pyroxasulfone, S-metolachlor + Fomesafen, Sulfentrazone + Diuron and Pyroxasulfone + Imazetapyr, and finally two controls, one without weeding and the other with manual weeding. In general, the herbicides applied to soybean crops showed good weed control, with most of the molecules showing efficacy above 80%. The presence of a greater volume of straw in the system generates suppression of weeds, thus increasing the efficiency of herbicides. Pre-emergent herbicides can cause symptoms of phytotoxicity in soybean crops, however, depending on the production environment, they do not cause reductions in crop yield. Symptoms of intoxication were observed in corn plants, due to the treatments, but they did not affect the agronomic performance of the crop.

**Keywords:** Weed; selectivity; chemical control; carryover; cultivation systems.

## **INDICADORES DE IMPACTOS**

O trabalho realizado teve como objetivo esclarecer dúvidas sobre o comportamento de novos e também já conhecidos herbicidas dentro dos atuais sistemas de produção de grãos de soja e milho, que envolve presença de palha e sucessão de culturas. Os impactos deste trabalho dentro das áreas temáticas da Política Nacional de extensão ficaram focado na produção e tecnologia. O trabalho gerou maior elucidação sobre como moléculas de herbicidas se comportam nos sistemas de produção atuais, podendo se conhecer mais sobre a eficácia, a seletividade para a cultura da soja, e potencial carryover para a cultura do milho. Os resultados encontrados neste trabalho podem servir de base para os profissionais do agronegócio que trabalham com a temática herbicidas e produção de milho e soja, gerando assim maior segurança no momento da recomendação de herbicidas, reduzindo riscos de uma potencial fitotoxicidade nas culturas de interesse, garantindo maior eficiência no uso dos herbicidas, impactando diretamente nos custos de produção agrícola sendo assim mais assertivos e consequentemente mais sustentáveis.

## **IMPACT INDICATORS**

The objective of this study was to clarify doubts about the behavior of new and also known herbicides within the current production systems of soybean and corn grains, which involves the presence of straw and crop succession. The impacts of this work within the thematic areas of the National Policy of extension focused on production and technology. The work generated greater elucidation on how herbicide molecules behave in current production systems, and it was possible to learn more about the efficacy, selectivity for soybean crops, and potential carryover for corn crops. The results found in this work can serve as a basis for agribusiness professionals who work with the theme of herbicides and corn and soybean production, thus generating greater safety at the time of herbicide recommendation, reducing risks of potential phytotoxicity in the crops of interest, ensuring greater efficiency in the use of herbicides, directly impacting agricultural production costs, thus being more assertive and consequently more sustainable.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> – Precipitação para o período de 18 de novembro de 2022 a 24 de fevereiro de 2023. Fazenda Morro Doce, Lavras, Minas Gerais, Brasil, safra 2022/23. .... | 25 |
| <b>Figura 2</b> – Precipitação para o período de 28 de outubro de 2023 a 10 de fevereiro de 2024. Fazenda Maranhão, Lavras, Minas Gerais, Brasil, safra 2023/24. ....    | 27 |
| <b>Figura 3</b> – Precipitação para o período de 17 de fevereiro de 2024 a 06 de julho de 2024. Fazenda Maranhão, Lavras, Minas Gerais, Brasil, safra 2024/24. ....      | 30 |
| <b>Figura 4</b> – Produtividade de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO cultivada sobre aplicação de pré-emergentes na safra 2022-2023. ....                                   | 39 |
| <b>Figura 5</b> – Resultados de produtividade de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO cultivada sobre aplicação de pré-emergentes na safra 2023-2024. ....                     | 46 |
| <b>Figura 6</b> – Resultados de produtividade do milho B2702VYHR segunda safra, semeado após soja cultivada sobre aplicação de pré-emergentes na safra 2023-2024. ....   | 50 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 1</b> – Composição química e física do solo Latossolo Vermelho (0 - 0,20 m) antes da instalação do experimento. Fazenda Morro Doce, Lavras - MG, no ano agrícola 2022/2023.   | 25 |
| <b>Tabela 2</b> – Levantamento fitossociológico. Fazenda Morro Doce, Lavras, Minas Gerais, Brasil, temporada 2022-2023.   | 26 |
| <b>Tabela 3</b> – Composição química e física do solo Latossolo Vermelho (0 - 0,20 m) antes da instalação do experimento. Fazenda Maranhão, Lavras - MG, no ano agrícola 2023/24.   | 27 |
| <b>Tabela 4</b> – Levantamento fitossociológico. Fazenda Maranhão, Lavras – MG, no ano agrícola 2023/2024.  | 28 |
| <b>Tabela 5</b> – Tratamentos com herbicidas pré-emergentes utilizados no experimento na soja cultivar DM53I54 RSF IPRO, respectivas doses de ingrediente ativo.  | 29 |
| <b>Tabela 6</b> – Resultados de nota de fitotoxicidade, em soja cultivar DM53I54 RSF IPRO cultivada sobre aplicações de pré-emergentes na safra 2022-2023.  | 34 |
| <b>Tabela 7</b> – Porcentagem de controle de plantas daninhas, infestante na soja cultivar DM53I54 RSF IPRO em função da aplicação de pré-emergentes de modo isolado ou associado na safra 22/2023.   | 36 |
| <b>Tabela 8</b> – Estande de plantas (EST), altura (ALT), peso de mil grãos (PMG) de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO, em função da aplicação de pré-emergentes na safra 22/2023.   | 38 |
| <b>Tabela 9</b> – Fitointoxicação em soja cultivar DM53I54 RSF IPRO cultivada sobre aplicações de pré-emergentes na safra 2023/2024.  | 41 |
| <b>Tabela 10</b> – Porcentagem de controle de plantas daninhas, infestante na soja cultivar DM53I54 RSF IPRO em função da aplicação de pré-emergentes de modo isolado ou associado na safra 23/2024.  | 43 |
| <b>Tabela 11</b> – Estande de plantas (EST), altura (ALT), peso de mil grãos (PMG) de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO cultivada sobre aplicação de pré-emergentes na safra 22/2023.  | 44 |
| <b>Tabela 12</b> – Resultados de fitotoxicidade, em milho híbrido B2702VYHR segunda safra, após soja cultivada sobre aplicações de pré-emergentes na safra 2023/2024.   | 47 |
| <b>Tabela 13</b> – Resultados de estande de plantas (EST), altura de inserção da espiga (ALTE), número de fileiras por espiga (NFE) de milho híbrido B2702VYHR segunda safra, após soja cultivada sobre aplicação de pré-emergentes na safra 22/2023. | 49 |

## LISTA DE APÊNDICES

- Apêndice 1** – Análise de variância dos quadrados médios da fitotoxicidade aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura (FDAS), estande de plantas (EST), altura de plantas (ALT), Peso de mil grãos (PMG), Produtividade (PROD) de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO na safra 2022-2023.... 58
- Apêndice 2** – Análise de variância dos quadrados médios do controle de plantas daninhas aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura (DAS), de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO na safra 2022-2023. .... 58
- Apêndice 3** – Análise de variância dos quadrados médios da fitotoxicidade aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura (FDAS), estande de plantas (EST), altura de plantas (ALT), peso de mil grãos (PMG), Produtividade (PROD) de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO na safra 2023- 2024... 58
- Apêndice 4** – Análise de variância dos quadrados médios do controle de plantas daninhas aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura (DAS), de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO na safra 2023-2024. .... 59
- Apêndice 5** – Análise de variância dos quadrados médios da fitotoxicidade aos 21 e 28 dias após a semeadura (FDAS), estande de plantas (EST), altura de inserção de espiga (ALTE), peso de mil grãos (PMG), números de fileiras por espiga (NFE), e Produtividade (PROD de milho híbrido B2702VYHR segunda safra 2023-2024. .... 59

## SUMÁRIO

|            |   |    |
|------------|---|----|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                             | 14 |
| <b>2</b>   | <b>HIPÓTESES</b> .....                              | 16 |
| <b>3</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....                    | 17 |
| <b>3.1</b> | <b>A cultura da soja</b> .....                      | 17 |
| <b>3.2</b> | <b>Plantas daninhas na cultura da soja</b> .....    | 18 |
| <b>3.3</b> | <b>Herbicidas pré-emergente</b> .....               | 19 |
| <b>3.4</b> | <b>Milho de segunda safra</b> .....                 | 21 |
| <b>3.5</b> | <b>Carryover</b> .....                              | 22 |
| <b>4</b>   | <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                     | 24 |
| <b>4.1</b> | <b>Safra soja 2022-2023</b> .....                   | 24 |
| <b>4.2</b> | <b>Safra soja 2023-2024</b> .....                   | 26 |
| <b>4.3</b> | <b>Milho segunda safra 2024</b> .....               | 29 |
| <b>4.4</b> | <b>Delineamento experimental e avaliações</b> ..... | 30 |
| <b>5</b>   | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....                | 33 |
| <b>5.1</b> | <b>Safra 2022/2023</b> .....                        | 33 |
| <b>5.2</b> | <b>Safra soja 2023-2024</b> .....                   | 39 |
| <b>5.3</b> | <b>Milho segunda safra</b> .....                    | 46 |
| <b>6</b>   | <b>CONCLUSÕES</b> .....                             | 51 |
|            | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                            | 52 |
|            | <b>APÊNDICES</b> .....                              | 58 |

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das maiores extensões territoriais do mundo, sendo a agricultura brasileira considerada fonte de alimentos e de matéria prima para muitos países (Delgado; Bergamasco, 2017). O país destaca-se na produção de grãos, a exemplo de soja, milho, trigo, arroz, feijão e sorgo. Na safra 2023/2024, a produção de grãos deve atingir 294,1 milhões de toneladas (CONAB, 2024).

Para conseguir altas produtividades os agricultores brasileiros precisam lidar com várias adversidades dentro do sistema de produção, entre elas a presença de plantas daninhas. Elas competem pelos mesmos fatores de crescimento das culturas, acarretando perdas na produção e qualidade de grãos, motivo pelo qual essas plantas devem ser controladas.

Com o advento da soja tolerante ao glyphosate o herbicida tornou-se o mais utilizado em lavouras de grãos. Seu uso inadequado contribui para a seleção de biótipos de plantas daninhas resistentes (Albrecht *et al.*, 2021). Atualmente existem 59 espécies de plantas daninhas com casos de biótipos resistentes ao glifosato em todo o mundo, com um total de 365 registros de ocorrências. No Brasil há 20 registros sendo 19 em lavouras de soja e com 12 biótipos diferentes (WEEDSCIENCE, 2024). Assim, é necessário o uso de outros herbicidas, como os pré-emergentes, além de diferentes mecanismos de ação que sejam eficazes em plantas daninhas de difícil controle, sejam elas tolerantes ou resistentes (Mueller *et al.*, 2014).

O controle químico em pré-emergência utiliza herbicidas que têm efeito residual no solo. Esses produtos proporcionam o controle da germinação das sementes, fase fenológica em que espécies de plantas daninhas são mais susceptíveis ao herbicida. Assim o banco de sementes é reduzido no período anterior a interferência das plantas daninhas conhecido como (PAI), evitando a competição inicial e reduzindo o número de aplicações em pós-emergência e consequentemente, o custo de produção (Gonçalves *et al.*, 2018).

O efeito residual de herbicidas pré-emergentes no solo é diferente entre os herbicidas, as doses utilizadas, a textura do solo, o teor de matéria orgânica, o pH do solo, a temperatura e a disponibilidade hídrica. Se a cultura do milho for semeada em sucessão a cultura da soja, herbicidas aplicados na cultura da soja não seletivos à cultura do milho podem causar efeito “carryover” em plantas de milho, resultando em sintomas de fitotoxicidade e até mesmo redução no rendimento de grãos (Artuzi; Contiero, 2006).

Assim, pela importância e complexidade de se manejar plantas daninhas, principalmente quando se lida com biótipos resistentes nas lavouras, torna-se cada vez mais importante o uso de herbicidas pré-emergentes para a cultura da soja, pela existência de uma diversidade de

moléculas disponíveis no mercado, se faz necessário entender como se comportam nos sistemas atuais de produção de grãos, na presença de palha sobre o solo, cultivares precoces e sucessão de culturas.

O objetivo deste estudo é avaliar a eficácia de diferentes herbicidas pré-emergentes registrados para a cultura da soja na presença de palhada, analisando tanto a seletividade dessas moléculas para a soja quanto os possíveis efeitos de carryover sobre a cultura do milho cultivado em sucessão.

## **2 HIPÓTESES**

Os herbicidas aplicados na pré-emergência da cultura da soja causam efeito carryover na cultura do milho.

A eficiência dos herbicidas aplicados na pré-emergência da soja é maior em áreas com maior pressão de plantas daninhas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 A cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é uma das culturas mais importantes cultivadas atualmente, sua produção é essencial para a economia mundial. Com excelentes conteúdos proteicos e lipídicos em suas sementes, a soja possui em sua composição cerca de 20% de óleo, 35% de carboidratos, 5% de cinzas e 35 a 54 % de proteínas (Liener, 1994). Contudo, o teor médio de proteínas das cultivares brasileiras é de 40%. Além disso é rico em óleo (18% a 20%), sendo visado no consumo humano, complemento da dieta animal e no setor industrial, especialmente em regiões em desenvolvimento (Inagaki; Boiago, 2020).

A soja é a principal fonte de recursos na pauta de exportações correspondente ao setor do Agronegócio no PIB nacional. Nacionalmente, essa cultura vem crescendo de forma expressiva, ano após ano, apresentando um amplo cultivo e produção. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de soja (CONAB, 2024). Na produção nacional de soja na safra 2023/24 são estimados 45,73 milhões de hectares, um incremento de 1,65 milhão de hectares em relação à safra 2022/23 e um volume a ser colhido de 147,68 milhões de toneladas (CONAB, 2024).

O expressivo aumento da cadeia produtiva da soja se justifica em função da relevante importância dessa cultura, que, atingindo novas fronteiras agrícolas é um dos mais importantes produtos do setor primário, se firmando como uma commodity amplamente requerida (CONAB, 2024).

A produção de soja nas diferentes regiões produtoras brasileiras leva-se em consideração os ciclos e períodos, há certa diversidade de cultivares disponíveis no Brasil, com ciclos que variam entre 100 e 160 dias, entrando nos grupos de maturação precoce, semiprecoce, médio, semitardio e tardio, dependendo das características específicas de cada região (Nunes, 2020).

O ciclo da cultura da soja foi detalhadamente estudado por (Fehr; Caviness, 1977), os quais elaboraram uma escala fenológica, hoje internacionalmente utilizada, subdividindo a fenologia em duas grandes fases: vegetativa e reprodutiva.

A fenologia é dividida em diferentes estádios de vegetação iniciando em VE (emergência), VC (cotilédone), V1 (primeiro nó) V2 (segundo nó), V3 (terceiro nó), V4 (quarto nó) e VN (enésimo nó), passando então para os estádios reprodutivos R1 (início do florescimento), R2 (florescimento pleno), R3 (início da formação do legume), R4 (legume

completamente desenvolvido), R5 (enchimento de grão), R6 (grão cheio ou completo), R7 (início da maturação) e R8 (maturação plena) (Fehr; Caviness, 1977).

No ciclo de produção da soja, sempre que possível, deve-se preconizar o uso da rotação de culturas, para evitar multiplicação de patógenos, pragas e plantas daninhas, buscando alternativas em diferentes culturas em um determinado espaço de tempo, não havendo uma sequência da mesma cultura no ano (Franchini *et al.*, 2011). Para que esse sistema possa apresentar grande importância e demonstrar resultados significativos, é importante estabelecer quais as espécies ou a cultivar que será semeada, para evitar a multiplicação de patógenos, pragas ou plantas daninhas na área (Franchini *et al.*, 2011).

### **3.2 Plantas daninhas na cultura da soja**

A presença de plantas daninhas dentro de um sistema de produção é extremamente prejudicial à cultura da soja, tendo em vista a competição por recursos como água, luz, nutrientes e espaço físico, ocasionando redução na disponibilidade destes, na absorção pela planta, causando interferência direta sobre a produtividade (Silva *et al.*, 2012). Além desses, o efeito alelopático também pode ser uma característica destas espécies vegetais, onde ocorre liberação de substâncias químicas que influenciam negativamente no desenvolvimento de culturas comerciais (Gomes Jr; Christoffoleti, 2008).

Na soja, as plantas daninhas podem afetar a produção de diferentes maneiras, sendo hospedeiras de pragas e doenças, efeitos alelopáticos negativos a cultura, como por exemplo pelo sombreamento na época da floração, reduzindo a produção de vagens (Correia; Rezende, 2002). O período anterior à interferência das plantas daninhas na cultura da soja pode ocorrer da emergência ao 25º dia, uma vez que após este período a convivência com plantas daninhas afeta negativamente a cultura (Benedetti *et al.*, 2009).

Dentre as plantas daninhas que prejudicam a sojicultura, a infestação por buva (*Conyza bonariensis*) é comum, pois é uma planta de boa adaptabilidade e que se autopoliniza, produzindo muitas sementes de fácil dispersão (Lazaroto; Fleck; Vidal, 2008). O papuã ou capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*) é uma das plantas daninhas de maior importância desde a implantação da sojicultura, trazendo graves prejuízos ao produtor quando não manejada corretamente (Galon *et al.*, 2022). A trapoeraba (*Commelina benghalensis*) é problemática na cultura da soja, por ser tolerante ao herbicida utilizado de maior frequência nas lavouras, o glifosato (Fialho *et al.*, 2011).

Outra planta daninha prejudicial para a sojicultura nacional é o picão-preto (*Bidens pilosa*), pois apresenta elevada competitividade por nutrientes e água, podendo reduzir em mais de 50% a absorção de nitrogênio, fósforo e potássio em algumas fabáceas e diminuir a quantidade e a qualidade das vagens e dos grãos (Cury *et al.*, 2013). Além disso, é uma espécie extremamente eficiente na absorção e utilização do nitrogênio, convertendo-o rapidamente em biomassa, aumentando a demanda dos demais nutrientes e promovendo maior competição com as culturas cultivadas (Procópio *et al.*, 2004).

O leiteiro (*Euphorbia heterophylla*), por sua vez, destaca-se por ser amplamente disseminado em todo o Brasil. A grande capacidade de produção de sementes e a emergência em fluxos descontínuos são fatores que dificultam o manejo dessa espécie, pois propiciam o reabastecimento do banco de sementes do solo, perpetuando a infestação das áreas. Dez plantas de *E. heterophylla* em um m<sup>2</sup> são capazes de reduzir em 7% o rendimento de grãos quando o período de convivência com a cultura ocorre durante todo o ciclo (Chemale; Fleck, 1982).

O controle de plantas daninhas pode ser efetuado de forma mecânica, física, também pode ser utilizado o controle cultural, biológico e ou químico com o uso de herbicidas, sendo este último método o mais utilizado na sojicultura. Contudo, o uso do mesmo herbicida a longo prazo pode selecionar biótipos resistentes de plantas daninhas aos ingredientes ativos dos produtos, como o caso do herbicida glyphosate (Mendes; Ionoue, 2022). Para evitar tal problema, ressalta-se a importância da utilização de diferentes herbicidas com diferentes mecanismos de ação além de herbicidas pré-emergentes.

### **3.3 Herbicidas pré-emergente**

A aplicação de herbicidas em pré-emergência visa, primeiramente, o controle de plantas daninhas. Normalmente, é realizada uma aplicação na pré-emergência da cultura e das plantas daninhas (Santos *et al.*, 2012), de acordo com a cultura utilizada, com a disponibilidade hídrica, tipo e preparo do solo, os herbicidas aplicados em pré-emergência podem apresentar diferente níveis de eficácia (Monquero *et al.*, 2008), a depender do modo de ação do herbicida pode se obter o efeito residual no início do ciclo e a cultura consegue germinar em área livre de plantas daninhas.

Dentre alguns herbicidas utilizados em pré-emergência, com registro para a cultura da soja, encontram-se: pyroxasulfone, imazethapyr, flumioxazina, fomesafen, s-metolachlor, diuron, clomazone, diclosulam e sulfentrazone.

A molécula de pyroxasulfone inibe a biossíntese de ácidos graxos de cadeia muito longa em plantas, tanto *in vivo* quanto *in vitro*, prejudicando a formação de brotos, com boa eficácia em monocotiledôneas e eudicotiledôneas e excelente seletividade a cultura da soja (Tanetani *et al.*, 2009).

O imazethapyr, por sua vez, é um herbicida utilizado tanto em pré, quanto em pós-emergência no controle de plantas daninhas de folhas estreitas e folhas largas, inibindo a síntese do acetolactato sintase (ALS) (Procópio *et al.*, 2007).

A flumioxazina pertence ao grupo químico das N-feniltalimidias, o qual pertence ao mecanismo de ação dos inibidores de protox (protoporfirinogênio oxidase – PPO), que acarreta degradação de membranas e lipídeos das células (Silva *et al.*, 2021). Na soja, apresenta amplo espectro no controle de daninhas em pré-emergência quando aplicado em doses entre 25 e 60 g ha<sup>-1</sup> (JAREMCHUCK *et al.*, 2009).

O fomesafen também é um herbicida inibidor da enzima protox (protoporfirinogênio oxidase-PPO), porém pertencente ao grupo químico dos ésteres difenílicos (Huang *et al.*, 2020). No Brasil, é recomendado seu uso na pré-emergência e pós-inicial para algodão e pós-emergência para soja e feijão. Paliwal *et al.* (2019) concluíram, que diferentes concentrações de fomesafen (250 g ha<sup>-1</sup> e 500 g ha<sup>-1</sup>) tiveram permanência média de 2,66 dias após aplicação em folhas de soja. Contudo, após 10 dias os níveis do ingrediente ativo mostraram-se indetectáveis nas folhas das plantas se mostrando seletivo a cultura.

O s-metolachlor é um herbicida de ampla utilização (cerca de 70 culturas agrícolas) em todo o mundo. No Brasil, foi comercializado pela primeira vez no final da década de 90, com o intuito de controlar plantas daninhas nas culturas da soja, cana-de-açúcar, algodão e feijão (Ribeiro *et al.*, 2014). Atua inibindo a divisão celular ou o crescimento de plântulas, principalmente em folhas estreitas. Nas culturas de soja e milho, é indicado no sistema convencional e no plantio direto (Santos *et al.*, 2012).

O herbicida diuron pertence ao grupo das uréias substituídas, que atuam na inibição do transporte de elétrons no fotossistema II e conseqüente interrupção da fotossíntese (Rizzardi *et al.*, 2004), é utilizado para o controle de um amplo espectro de plantas daninhas monocotiledôneas e dicotiledôneas em diversas culturas e também usado em áreas não agrícolas como jardins, estradas e linhas férreas (Tejada *et al.*, 2017).

O herbicida clomazone pertence ao grupo químico das isoxazolidinona, atua interferindo no desenvolvimento do cloroplasto, organelas celulares com grande participação

na fotossíntese, além de inibir a formação de pigmentos fotossintéticos como a clorofila e carotenoides (Ferhatoglu; Barrett, 2006).

O diclosulam é um herbicida seletivo do grupo das sulfonanilidatriazolopirimidinas, recomendado para o controle de plantas daninhas eudicotiledôneas em pré-emergência na cultura da soja (Rodrigues *et al.*, 2011). Se adapta bem nos mais variados tipos de solo brasileiro, sem provocar efeitos negativos nas culturas quando aplicado em pré-emergência (Gazola *et al.*, 2016). Lavorenti *et al.* (2003) observaram que o plantio em sistema de plantio direto acelerou a dissipação do diclosulam no solo em lavouras de soja, fator relacionado com a maior atividade microbiana.

O sulfentrazone, pertence ao grupo químico das triazolinonas, é um herbicida para aplicação em pré-emergência, controlando várias espécies de plantas daninhas, mono e dicotiledôneas, das culturas da cana-de-açúcar, soja, café e eucalipto. No solo, a mobilidade é moderada, de baixa adsorção, sendo a decomposição microbiana a via mais importante de degradação do produto no solo; sua meia-vida em solos brasileiros é, em média, de 180 dias (Rodrigues; Almeida, 2005).

### **3.4 Milho de segunda safra**

O milho é uma das culturas de maior importância econômica e uma das mais estudadas devido ao valor nutricional de seus grãos, e ao seu emprego na alimentação humana, animal e matéria-prima para a indústria. Sua importância reside ainda na capacidade de geração de emprego, mão-de-obra na zona rural e urbana, devido a sua utilização como matéria-prima para mais de 500 segmentos industriais (Meira *et al.*, 2009).

As variações nos fatores ambientais determinam a escolha da época de semeadura do milho. A época preferencial de semeadura é aquela que faz coincidir a maior área foliar por planta com os dias mais longos do ano, quando não há limitação hídrica. Esta coincidência normalmente ocorre com a semeadura do milho no mês de outubro nas regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Quando esta cultura é semeada de forma antecipada (agosto/setembro) ou de forma tardia (dezembro/janeiro), há redução na produção de grãos por planta, em relação à semeadura realizada em outubro. Este decréscimo está associado aos efeitos que a temperatura do ar e a radiação solar exercem sobre o desenvolvimento das plantas, afetando, em consequência, a formação e a expressão dos componentes do rendimento (Silva; Argenta, 2000).

O milho safrinha é definido como o milho de sequeiro cultivado extemporaneamente, de janeiro a abril, quase sempre depois da soja precoce, na região Centro-Sul brasileira, envolvendo basicamente os estados do Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e, mais recentemente, Minas Gerais (Cruz; Pereira Filho; Duarte, 2021).

O cultivo do milho safrinha, conhecido como milho de segunda safra iniciou-se no estado do Paraná (Souza *et al.*, 2011). Atualmente é realidade nas maiores regiões produtoras do país, proporcionando opção ao produtor, com grande importância nas regiões Sudeste e Centro-oeste. Importante cultura na 2ª safra, o milho teve uma produção total na safra 2022/2023 em 131,8 milhões de toneladas, alta de 18,4 milhões de toneladas acima da safra 2021/22, sendo a 2º safra responsável 102,3 milhões de toneladas produzidas, representando 77,6 % da produção total de milho (CONAB, 2024).

As culturas agrícolas, incluindo o milho, dependem de fatores de solo e de clima que podem influenciar no seu crescimento, desenvolvimento com consequências na produtividade e na qualidade do produto colhido. Sabe-se que, além dos fatores edafoclimáticos, as plantas daninhas podem comprometer a produtividade das culturas e interferir no sistema de produção empregado (Rezende *et al.*, 2020).

Dentre os métodos de manejo de plantas daninhas na cultura, o controle químico tem sido frequente usado devido a sua eficácia, conveniência e viabilidade de custos (Timossi; Freitas, 2011)

Pela importância da utilização de herbicidas e a variedade de produtos disponíveis no mercado para a realização de programas de rotação de produtos e de manejo de plantas daninhas, na cultura da soja e em culturas sucedâneas, é necessária a realização de pesquisas, a fim de detectar uma possível susceptibilidade da soja (Galon *et al.*, 2022), bem como efeitos residuais de herbicidas sobre culturas semeadas em cultivos subsequentes, como o milho de segunda safra (Dan *et al.*, 2012).

### **3.5 Carryover**

O manejo de plantas daninhas é dificultado a cada safra, pois novos casos de resistência à herbicidas disponíveis no mercado são divulgados (MENDES; IONOUÉ, 2022). Uma boa estratégia de manejo para preservar as moléculas herbicidas por mais tempo, a fim de evitar biótipos resistentes no campo, é a rotação de princípios ativos em dessecação, antes do plantio da cultura de interesse e em pré-emergência.

Contudo, a depender da dose utilizada, das propriedades físico-químicas das moléculas de herbicidas e das condições edafoclimáticas do local, esses herbicidas podem permanecer no solo (Mancuso *et al.*, 2011), afetando o desenvolvimento das culturas subsequentes, fenômeno este denominado carryover.

O efeito carryover acontece quando o herbicida que foi aplicado em uma cultura, apresenta atividade biológica (efeito residual), além do ciclo da cultura a qual ele foi aplicado e a sua presença no ambiente pode acarretar efeitos fitotóxicos ou fitotoxicidade em culturas sucedâneas. Santos *et al.* (2012) observaram que o herbicida s-metolachlor e trifluralin, quando se utilizaram 2,16 e 4,32 kg ha<sup>-1</sup> de trifluralin e 2,88 e 5,76 kg ha<sup>-1</sup> de S-metolachlor, aplicados em pré-emergência 120 dias antes da semeadura das culturas, provocaram fitointoxicação leve a moderada em plantas de soja e feijão durante o ciclo. Contudo, os autores observaram que não houve prejuízos à cultura do milho, plantadas na área na safra seguinte.

Na aplicação em lavouras de soja, o herbicida imazethapyr (0,10 kg ha<sup>-1</sup>) não prejudicou o desenvolvimento das plantas durante o ciclo, porém foi observada atividade residual em milho semeado posteriormente, mostrando rendimento ligeiramente alterado (Dan *et al.*, 2011). Por depender de fatores como a textura e estrutura dos solos, é difícil precisar o tempo de permanência dos herbicidas no campo. Por isso, algumas estratégias podem ser adotadas para minimizar o efeito carryover em campo, como analisar a meia vida das moléculas aplicadas, definida pelo tempo necessário para que ao menos 50% da quantidade inicial do produto aplicado tenha se degradado (Rani *et al.*, 2019). Outra alternativa é a combinação de herbicidas, uma vez que esta prática incentiva a diminuição das doses em relação à aplicação de uma molécula isolada (Nalini *et al.*, 2017). Diante do exposto, da grande quantidade de herbicidas pré-emergentes registrados para a cultura da soja, se faz necessário compreender o comportamento dos herbicidas e utilizá-los de maneira racional, é de fundamental importância o domínio da escolha dos produtos e suas respectivas mistura ou aplicação isolada, , assim como entender o motivo dos problemas ocorridos e prevenir falhas de controle, a fim de reduzir o risco do impacto ambiental que o efeito residual (carryover) possa vir a causar, além de minimizar problemas de fitotoxicidade e perdas em culturas subsequentes.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

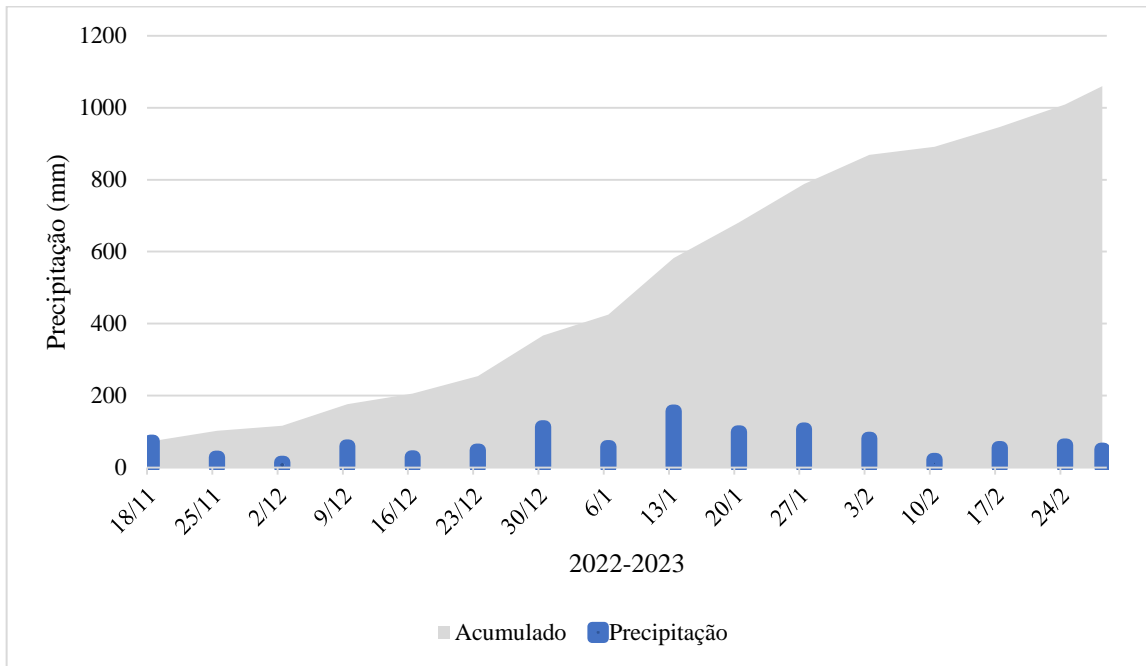
### 4.1 Safra soja 2022-2023

O estudo foi conduzido durante duas safras (2022/23 e 2023/24), sob delineamento em blocos ao acaso, de forma independente em dois locais. Na safra 2022/23, o estudo foi conduzido na fazenda Morro Doce, situada no município de Lavras - MG, com latitude 21°29'56'' S e 45°06'76'' W Gr. e altitude 906 m. O clima, segundo a classificação climática de Köppen, é Cwa. O solo da área experimental apresenta as seguintes características química e física (Tabela 1). As precipitações foram monitoradas com auxílio de um pluviômetro (Figura 1).

O estudo foi conduzido em duas safras iniciando-se na safra 2022/23. Antes da instalação do experimento, um levantamento fitossociológico foi realizado na área, visando conhecer a diversidade de plantas daninhas (Tabela 2), seguindo metodologia (Brandão; Brandão; Laca, 1998). Posteriormente utilizando um pulverizador de barras montado em trator, pontas do tipo leque, marca Magno, modelo AD110.02, e volume de calda equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>, foram realizadas aplicações sequenciais dos herbicidas. A primeira aplicação foi feita com 2,4-D (1005 g ha<sup>-1</sup>) + chlorimurrom (12,5 g ha<sup>-1</sup>), e segunda com glufosinato de Amônio (400 g ha<sup>-1</sup>) + glifosato sal de potássio (1440 g ha<sup>-1</sup>), com 30 e 23 dias antes da semeadura da soja. Em ambas as aplicações foi adicionado a calda de pulverização óleo mineral a 0,25% v v<sup>-1</sup>.

Em sistema de plantio direto, a semeadura da soja cultivar DM53I54 RSF IPRO, grupo de maturação 5.4 ocorreu em 06 de novembro de 2022, utilizando-se uma semeadora marca "Jumil" modelo "Exacta 2670" com dosador de sementes pneumático, sobre os restos culturais da cultura do milho. Para averiguar a quantidade de palha sobre o solo, foram realizadas amostragens em toda área experimental, utilizando-se um quadro de metal com medidas de 1m x 1m, após pesado o material, extrapolou-se o valor por hectare, tendo 11,73 t ha<sup>-1</sup> de palha.

**Figura 1** – Precipitação para o período de 18 de novembro de 2022 a 24 de fevereiro de 2023. Fazenda Morro Doce, Lavras, Minas Gerais, Brasil, safra 2022/23.



Fonte: Do autor (2024).

**Tabela 1** – Composição química e física do solo Latossolo Vermelho (0 - 0,20 m) antes da instalação do experimento. Fazenda Morro Doce, Lavras - MG, no ano agrícola 2022/2023.

| pH               | P                  | K   | Ca                    | Mg   | Al  | H+Al | T    | Sb                | t    | m   | V     | M.O    | B                  | Zn  | Cu  | Fe   | Mn  | S    | Prem |
|------------------|--------------------|-----|-----------------------|------|-----|------|------|-------------------|------|-----|-------|--------|--------------------|-----|-----|------|-----|------|------|
| H <sub>2</sub> O | mg/dm <sup>3</sup> |     | Cmolc/dm <sup>3</sup> |      |     |      |      |                   |      | %   |       | dag/Kg | mg/dm <sup>3</sup> |     |     |      |     | mg/L |      |
| 6,42             | 54                 | 211 | 5,30                  | 2,00 | 0,0 | 2,00 | 9,84 | 7,84              | 7,84 | 0,0 | 79,70 | 4,30   | 0,5                | 3,2 | 1,1 | 29,0 | 6,5 | 7,0  | 14,6 |
| <b>Areia (%)</b> |                    |     | <b>Silte (%)</b>      |      |     |      |      | <b>Argila (%)</b> |      |     |       |        |                    |     |     |      |     |      |      |
| <b>29</b>        |                    |     | <b>34</b>             |      |     |      |      | <b>37</b>         |      |     |       |        |                    |     |     |      |     |      |      |

H + Al: acidez potencial; S: soma de bases; T: capacidade de troca catiônica em pH 7,0; M.O: matéria orgânica; V: saturação de base; m: saturação por alumínio; t: capacidade de troca catiônica efetiva; P: resina.

Fonte: Do autor (2024).

**Tabela 2** – Levantamento fitossociológico. Fazenda Morro Doce, Lavras, Minas Gerais, Brasil, temporada 2022-2023.

| Espécie                       | Fre    | Frr    | Den  | Der    | Abu   | Abr    | IVI    |
|-------------------------------|--------|--------|------|--------|-------|--------|--------|
|                               | %      |        |      |        |       |        |        |
| <i>Ageratum conizoides</i>    | 60     | 28,57  | 0,61 | 60,94  | 6,5   | 52,72  | 142,23 |
| <i>Bidens pilosa</i>          | 70     | 33,33  | 0,22 | 21,88  | 2,0   | 16,22  | 71,43  |
| <i>Commelina benghalensis</i> | 40     | 19,05  | 0,09 | 9,38   | 1,5   | 12,17  | 40,59  |
| <i>Richardia brasiliensis</i> | 30     | 14,29  | 0,06 | 6,25   | 1,33  | 10,81  | 31,35  |
| <i>Solanum americanum</i>     | 10     | 4,76   | 0,02 | 1,56   | 1,0   | 8,11   | 14,43  |
| Total                         | 210,00 | 100,00 | 1,00 | 100,01 | 12,33 | 100,03 | 300,03 |

Frequência (Fre). Frequência relativa (Frr). Densidade (Den). Densidade Relativa (Den). Abundância (Abu). Abundância Relativa (Abr). Índice de Valor e Importância (IVI).

Fonte: Do autor (2024).

As sementes foram tratadas com o inseticida ciantraniliprole na dose de 24 g por 100 kg de sementes, e com os fungicidas metalaxil-M + fludioxonil na dose de 1,0 + 2,5 g por 100 kg de sementes. 15 sementes de soja foram distribuídas por metro linear e posicionadas a uma profundidade média de 3 cm com espaçamento entre linhas de 0,5 m. A adubação da soja foi realizada no momento da semeadura, com 200 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante 10-52-00 aplicado pela semeadora adubadora no sulco de plantio a uma profundidade média de 12 cm. Para adubação de cobertura foi aplicado 150 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O) em área total, sete dias antes da semeadura. No dia 28 de fevereiro de 2023 foi feita a colheita manualmente, em seguida as plantas foram trilhadas e os grãos armazenados em sacos de papel Kraft para avaliações.

#### 4.2 Safra soja 2023-2024

O experimento foi instalado em uma fazenda denominada Fazenda Maranhão, município de Lavras - MG com coordenadas geográficas 21°26' 34'' S e 45°09' 69'' W. O solo da área experimental foi coletado anteriormente à semeadura da soja para análise química e física (Tabela 3). Com auxílio de um pluviômetro para medição das precipitações durante o experimento (Figura 2).

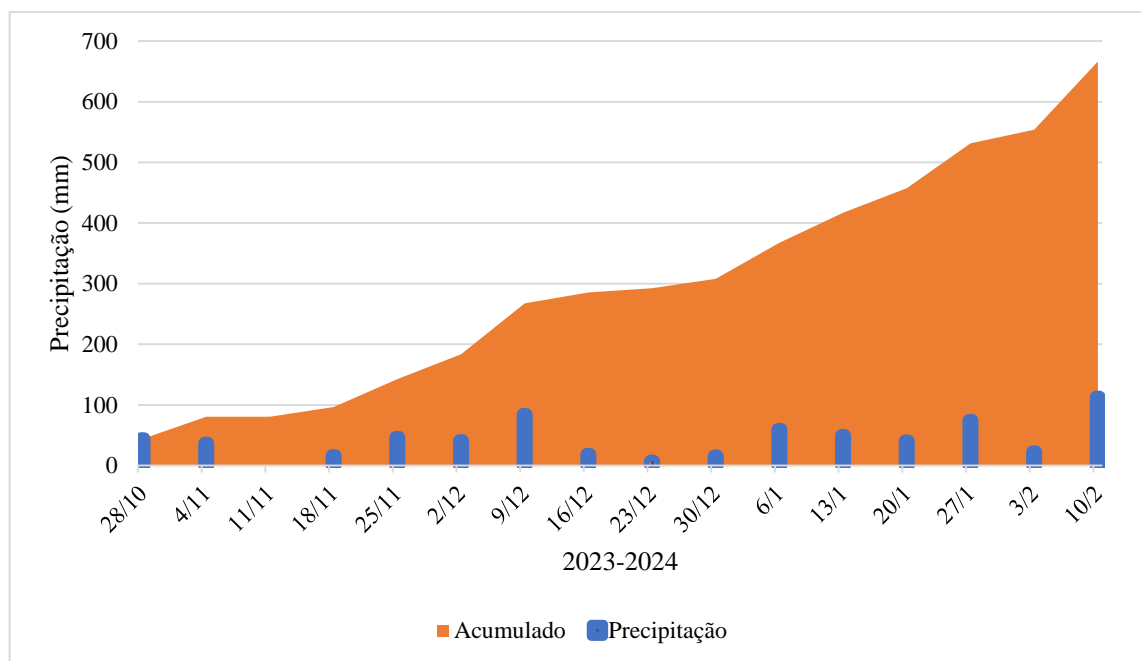
**Tabela 3** – Composição química e física do solo Latossolo Vermelho (0 - 0,20 m) antes da instalação do experimento. Fazenda Maranhão, Lavras - MG, no ano agrícola 2023/24.

| pH               | P                  | K   | Ca                    | Mg   | Al   | H+Al | T    | Sb   | t                 | m    | V     | M.O    | B                  | Zn  | Cu  | Fe   | Mn   | S    | Prem |
|------------------|--------------------|-----|-----------------------|------|------|------|------|------|-------------------|------|-------|--------|--------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| H <sub>2</sub> O | mg/dm <sup>3</sup> |     | Cmolc/dm <sup>3</sup> |      |      |      |      |      |                   | %    |       | dag/Kg | mg/dm <sup>3</sup> |     |     |      |      |      | mg/L |
| 5,97             | 28                 | 198 | 3,96                  | 1,05 | 0,21 | 2,41 | 7,92 | 5,51 | 5,72              | 3,67 | 69,50 | 3,06   | 0,51               | 5,3 | 2,5 | 27,0 | 18,7 | 43,0 | 22,2 |
| <b>Areia (%)</b> |                    |     | <b>Silte (%)</b>      |      |      |      |      |      | <b>Argila (%)</b> |      |       |        |                    |     |     |      |      |      |      |
| 17,5             |                    |     | 23                    |      |      |      |      |      | 59,5              |      |       |        |                    |     |     |      |      |      |      |

H + Al: acidez potencial; Sb: soma de bases; T: capacidade de troca catiônica em pH 7,0; M.O: matéria orgânica; V: saturação de base; m: saturação por alumínio; t: capacidade de troca catiônica efetiva.

Fonte: Do autor (2024).

**Figura 2** – Precipitação para o período de 28 de outubro de 2023 a 10 de fevereiro de 2024. Fazenda Maranhão, Lavras, Minas Gerais, Brasil, safra 2023/24.



Fonte: Do autor (2024).

Antes da instalação do experimento foi realizado um levantamento fitossociológico da diversidade de plantas daninhas (Tabela 4), segundo a metodologia (Brandão; Brandão; Laca, 1998), em seguida foram feitas duas dissecações sequenciais na área. Na primeira aplicação que ocorreu 12 dias antes da semeadura foi utilizado os herbicidas glifosato sal de potássio (1440 g ha<sup>-1</sup>), + cletodim (168 g ha<sup>-1</sup>), na segunda aplicação ocorrida 1 dia antes da semeadura foi utilizado o herbicida glufosinato de amônio (400 g ha<sup>-1</sup>), em ambas as aplicações foi adicionado a calda óleo mineral a 0,25% v v<sup>-1</sup>. Para a realização dessas aplicações foi utilizado um

pulverizador de barras arrastado por trator, pontas do tipo leque, marca Magno, modelo AD110.02, e volume de calda equivalente a 125 L ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 4** – Levantamento fitossociológico. Fazenda Maranhão, Lavras – MG, no ano agrícola 2023/2024.

| Espécie                       | Fre    | Frr    | Den  | Der    | Abu   | Abr   | IVI    |
|-------------------------------|--------|--------|------|--------|-------|-------|--------|
|                               | %      |        |      |        |       |       |        |
| <i>Avena sativa</i>           | 90     | 30     | 0,51 | 51,3   | 6,56  | 41,35 | 122,65 |
| <i>Blainvillea latifolia</i>  | 80     | 26,67  | 0,22 | 21,74  | 3,13  | 19,71 | 68,12  |
| <i>Raphanus sativus L.</i>    | 60     | 20     | 0,17 | 16,52  | 3,17  | 19,97 | 56,49  |
| <i>Commelina benghalensis</i> | 50     | 16,67  | 0,09 | 8,7    | 2,0   | 12,61 | 37,98  |
| <i>Ipomea spp</i>             | 20     | 6,67   | 0,02 | 1,74   | 1,0   | 6,31  | 14,71  |
| Total                         | 300,00 | 100,01 | 1,01 | 100,00 | 15,86 | 99,95 | 299,95 |

Frequência (Fre). Frequência relativa (Frr). Densidade (Den). Densidade Relativa (Den). Abundância (Abu). Abundância Relativa (Abr). Índice de Valor e Importância (IVI).

Fonte: Do autor (2024).

A semeadura da soja ocorreu em 18 de outubro de 2023, sem revolvimento do solo, utilizando uma semeadora marca “Jumil” modelo “Exacta 2670” com dosador de sementes pneumático e sistema de plantio direto, sobre os restos culturais 3,73 t ha<sup>-1</sup> de aveia e nabo forrageiro em consórcio.

A cultivar de soja foi a DM53I54 RSF IPRO com grupo de maturação 5.4, as sementes foram tratadas com o inseticida ciantraniliprole na dose de 24 g por 100 kg de sementes, e com os fungicidas metalaxil-M + fludioxonil na dose de 1,0 + 2,5 g por 100 kg de sementes. 15 sementes de soja foram distribuídas por metro linear e posicionadas a uma profundidade média de 3 cm com espaçamento entre linhas de 0,5 m A adubação da cultura foi realizada no momento da semeadura, com 200 kg há<sup>-1</sup> do fertilizante 10-52-00 aplicado pela semeadora/adubadora no sulco de plantio a uma profundidade média de 12 cm. Foi aplicado 150 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O) em área total com distribuição a lanço 3 dias antes da semeadura.

Os tratamentos com herbicidas foram aplicados três dias após a semeadura da soja, em pré-emergência da cultura e das plantas daninhas (Tabela 5), utilizando um pulverizador costal de pressão constante à base de CO<sub>2</sub>, munido de barra com seis pontas do tipo leque, marca Magno, modelo AD110.02, sob pressão de 2,1 kgf cm<sup>-2</sup> e velocidade de 4,5 km h<sup>-1</sup>, e volume de calda 200 L ha<sup>-1</sup>. As aplicações ocorreram com umidade relativa de 81%, o vento era de 2 km h<sup>-1</sup> S, o céu estava nublado o horário entre 12h30min e 14h e 30min na safra 2022/23. E na

safra 2023/24 no dia da aplicação a umidade relativa do ar era de 83%, o vento era de 3,1 km h<sup>-1</sup> E, o céu estava nublado o horário de aplicação foi entre 10h e 12h.

A colheita da soja ocorreu no dia 10 de fevereiro de forma manual, posteriormente trilhadas e armazenadas em sacos de papel Kraft.

**Tabela 5** – Tratamentos com herbicidas pré-emergentes utilizados no experimento na soja cultivar DM53I54 RSF IPRO, respectivas doses de ingrediente ativo.

| TRATAMENT<br>O | PRÉ-EMERGENTE               | DOSE<br>(g i.a. ha <sup>-1</sup> ) |
|----------------|-----------------------------|------------------------------------|
| 1              | pyroxasulfone               | 125                                |
| 2              | imazethapyr                 | 106                                |
| 3              | flumioxazin                 | 50                                 |
| 4              | s-metolachlor               | 960                                |
| 5              | fomesafen                   | 250                                |
| 6              | diuron                      | 375                                |
| 7              | clomazone                   | 1000                               |
| 8              | diclosulam                  | 33,6                               |
| 9              | sulfentrazone               | 600                                |
| 10             | flumioxazin + imazethapyr   | 50 + 106                           |
| 11             | flumioxazin + pyroxasulfone | 50 + 125                           |
| 12             | s-metolachlor + fomesafen   | 960 + 250                          |
| 13             | sulfentrazone + diuron      | 600 + 375                          |
| 14             | pyroxasulfone + imazethapyr | 125 + 106                          |
| 15             | testemunha capinada         | -                                  |
| 16             | testemunha sem/ capina      | -                                  |

Fonte: Do autor (2024).

### 4.3 Milho segunda safra 2024

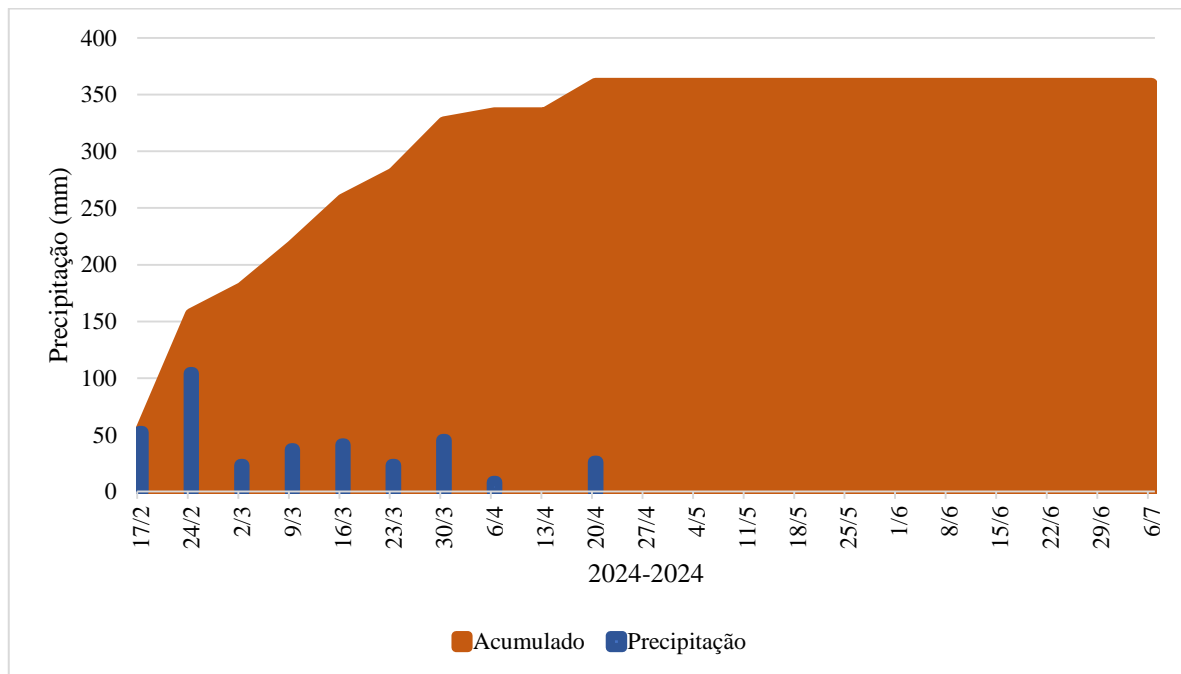
Na área do experimento da safra 2023/24 na Fazenda Maranhão, após a colheita da cultura da soja foi semeado o milho na data 14 de fevereiro de 2024 dentro das mesmas parcelas do experimento anterior, visando verificar o efeito residual e a fitotoxicidade dos herbicidas aplicados na soja para a cultura do milho.

O milho foi semeado de forma direta sobre os restos culturais da cultura da soja, utilizando semeadora/adubadora de mesmo modelo do experimento anterior, com distribuição de 3,1 sementes por metro linear, e profundidade média de 5 cm. O híbrido foi o BREVANT B2702VYHR, ciclo superprecoce, tratadas industrialmente com os inseticidas Poncho (80 ml) + Dermacor (48 ml) para 60 mil sementes. A adubação de base da cultura foi realizada no momento da semeadura, com 200 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 13-33-00, além da aplicação de 100 kg

ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (60% K<sub>2</sub>O) em área total com distribuição a lanço no dia da semeadura do milho. Aos 15 dias após semeadura do milho foi realizada a adubação de cobertura, utilizando o fertilizante uréia 43-00-00 + NBPT, na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> em área total com distribuição a lanço. O volume de chuvas ocorrido durante a safra de milho (Figura 5) foi registrado com auxílio de um pluviômetro.

O controle de pragas e doenças, foi utilizado o manejo padrão da fazenda, de acordo com monitoramento e histórico das áreas, o controle de plantas daninhas na cultura do milho ocorreu com a aplicação dos herbicidas glifosato 1000 g ha<sup>-1</sup> + terbutilazina 1000 g ha<sup>-1</sup> em todos os tratamentos no estágio de V4. A colheita do milho ocorreu de forma manual em 06 de julho de 2024, os grãos se encontravam com umidade média de 25,5%.

**Figura 3** – Precipitação para o período de 17 de fevereiro de 2024 a 06 de julho de 2024. Fazenda Maranhão, Lavras, Minas Gerais, Brasil, safra 2024/24.



Fonte: Do autor (2024).

#### 4.4 Delineamento experimental e avaliações

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), com dezesseis tratamentos totais, quatorze herbicidas pré-emergentes isolados e em misturas, uma testemunha capinadas e uma sem capinar (Tabela 5) e quatro repetições, sendo as parcelas compostas por seis linhas em espaçamento de 0,5 m, com comprimento de 5 m, total de 18 m<sup>2</sup>. Foi considerado como área útil 6 m<sup>2</sup>, as avaliações e colheita foram feitas apenas nas quatro linhas centrais de cada

parcela, descartando 1,0 m de cada extremidade. Para as avaliações foram utilizadas como referência as testemunhas capinadas e sem capina para todos os experimentos.

Aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura (DAS) da soja foi verificado a eficiência dos tratamentos no controle de plantas daninhas, utilizando a metodologia de avaliação visual da (SBCPD, 1995), comparando-se o controle dos herbicidas com a testemunha sem capina, onde "0%" correspondeu a "sem controle" e "100%" a "controle total".

As avaliações de fitotoxicidade da soja, foram realizadas aos 14, 21 e 28 (DAS), e para a cultura do milho aos 14, 21, 28 e 35 dias após a semeadura (DAS), por meio da escala visual (EWRC, 1964), onde sem danos (1); pequenas alterações (descoloração, deformação) em algumas plantas (2); pequenas alterações (descoloração, deformação) em muitas plantas (3); forte descoloração (amarelecimento) ou pequena deformação, sem necrosar o tecido (4); necrose de algumas folhas e deformação em folhas e brotos (5); necrose em mais de 50% das folhas e brotos deformados (6); necrose em mais de 80% das folhas e brotos destruídos (7); danos extremamente graves (8); morte da planta (9). Essas avaliações foram realizadas por três avaliadores diferentes para cada parcela, computando a média das três notas.

Foi realizada aos 22 DAS uma avaliação de estande das culturas (contagem das plantas emergidas em três metros lineares de duas linhas centrais da parcela útil, sem expresso em plantas  $m^{-1}$ ).

Avaliações da altura das plantas (medida em cm, do solo até a inserção do último trifólio completamente expandido) em cinco plantas das duas linhas centrais da área útil das parcelas no estágio R6 da soja. Foram realizadas para o milho a altura das plantas (medida em cm, do solo até a inserção da espiga) em cinco plantas das duas linhas centrais da área útil das parcelas e de estande da cultura (contagem das plantas emergidas em três metros lineares de duas linhas centrais da parcela útil), aos 21 DAS.

Para o milho foi avaliado o número de fileiras por espigas no dia da colheita, escolhendo cinco espigas aleatoriamente dentro da parcela útil.

A produtividade de ambas as culturas foi estimada coletando todas as plantas na área útil das parcelas, e em seguida essas plantas foram trilhadas, utilizando trilhadora motorizada estacionária, posteriormente as amostras foram pesadas, determinou-se o teor de umidade, com o auxílio determinador de umidade portátil (modelo Mini GAC), tendo os dados corrigidos para 13% de umidade e transformados para sacas  $ha^{-1}$ .

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F pela análise de variância ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ). Quando verificado significância, os dados foram submetidos ao teste de Skott-Knott ao nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ) para agrupamento das médias.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Safra 2022/2023

Houve efeito significativo dos tratamentos para as variáveis respostas: fitotoxicidade, controle de plantas daninhas, altura de plantas e produtividade. Enquanto, para estande de plantas e peso de mil grãos, as aplicações dos herbicidas não diferiram (Apêndice 1 e 2).

De maneira geral, os herbicidas pré-emergentes demonstraram boa seletividade, quando avaliado a fitotoxicidade na soja. Pela escala visual de notas, observaram-se sintomas em plantas no nível de nota 1 ao 4 aproximadamente, nas condições avaliadas de 14 a 28 dias (Tabela 6).

Aos 14 dias após a semeadura (DAS), todos os tratamentos causaram pequenos danos visuais às plantas de soja, exceto as aplicações de Sulfentrazone e Sulfentrazone + Diuron que foram os mais agressivos. As aplicações desses herbicidas causaram forte descoloração e amarelecimento (Tabela 6). Nas avaliações subsequentes aos 21 e 28 DAS, eles permaneceram sendo os mais fitotóxicos entre os tratamentos com herbicidas, apresentando pequena deformação nas folhas, sem necrosar o tecido das plantas.

Aplicação do herbicida imazethapyr em mistura com pyroxasulfone apresentou um crescente nível de danos às plantas de soja aos 14 DAS para 28 DAS. Enquanto a aplicação isolada dos herbicidas imazethapyr e diclosulam mantiveram os danos de amarelecimento em algumas plantas.

Para aplicações isoladas dos herbicidas pyroxasulfone, flumioxazin, s-metolachlor, fomesafen e clomazone, assim como as misturas flumioxazin + imazethapyr, flumioxazin + pyroxasulfone, e s-metolachlor + fomesafen ocasionaram um leve sintoma aos 14 dias, contudo aos 21 e 28 dias após aplicação não foram observados danos.

Assim como o presente trabalho, testando misturas formuladas dos herbicidas pré-emergentes imazethapyr + flumioxazin e sulfentrazone + diuron em soja cultivar DM 57i52, Galon *et al.* (2022) observaram baixos sintomas de fitotoxicidade, indicando que não houve influência dos herbicidas na capacidade fotossintética da planta.

**Tabela 6** – Resultados de nota de fitotoxicidade, em soja cultivar DM53I54 RSF IPRO cultivada sobre aplicações de pré-emergentes na safra 2022-2023.

| PRÉ-EMERGENTE               | DAS <sup>(1)</sup> |   |       |   |       |   |
|-----------------------------|--------------------|---|-------|---|-------|---|
|                             | 14                 |   | 21    |   | 28    |   |
| pyroxasulfone               | 2,41               | b | 1,41  | a | 1,25  | a |
| imazethapyr                 | 2,25               | b | 1,67  | b | 1,92  | b |
| flumioxazin                 | 2,08               | b | 1,25  | a | 1,00  | a |
| s-metolachlor               | 2,00               | b | 1,33  | a | 1,16  | a |
| fomesafen                   | 1,83               | b | 1,08  | a | 1,16  | a |
| diuron                      | 2,08               | b | 1,00  | a | 1,08  | a |
| clomazone                   | 1,80               | b | 1,25  | a | 1,08  | a |
| diclosulam                  | 1,70               | b | 1,58  | b | 2,00  | b |
| sulfentrazone               | 3,75               | c | 4,00  | d | 4,00  | d |
| flumioxazin + imazethapyr   | 1,83               | b | 1,41  | a | 1,42  | a |
| flumioxazin + pyroxasulfone | 2,08               | b | 1,17  | a | 1,00  | a |
| s-metolachlor + fomesafen   | 2,25               | b | 1,25  | a | 1,25  | a |
| sulfentrazone + diuron      | 3,92               | c | 4,00  | d | 4,00  | d |
| pyroxasulfone + imazethapyr | 2,00               | b | 2,16  | c | 2,42  | c |
| testemunha capinada         | 1,00               | a | 1,00  | a | 1,00  | a |
| testemunha sem/ capina      | 1,00               | a | 1,00  | a | 1,00  | a |
| CV (%)                      | 16,03              |   | 16,91 |   | 13,68 |   |
| Erro. Padrão                | 0,169              |   | 0,14  |   | 0,11  |   |

<sup>(1)</sup> Dias após a semeadura. Médias seguidas pela letra minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância.

Fonte: Do autor (2024).

Ao se avaliar a eficácia dos tratamentos (Tabela 7) no controle da comunidade infestante denota-se que os pré-emergentes apresentaram diferentes eficiência. Para as aplicações dos herbicidas pyroxasulfone, diuron, flumioxazin + imazethapyr e sulfentrazone + diuron sempre foram eficientes no controle de plantas daninhas em todas as épocas avaliadas.

Aos 14 dias após semeadura observou que o herbicida diclosulam isolado, e a misturas de flumioxazin + pyroxasulfone apresentaram notas de controle abaixo de 80%. Contudo, o herbicida diclosulam e a mistura de flumioxazin + pyroxasulfone permaneceram apresentando baixo nível de controle até os 28 dias após semeadura, sendo 44,75% e 72,15% respectivamente.

As misturas flumioxazin + pyroxasulfone e s-metolachlor + fomesafen, proporcionaram um efeito antagônico aos 21 DAS para o controle das plantas infestantes, isso ocorre quando o efeito dos herbicidas associados é menor que o soma dos efeitos isolados. As interações negativas entre herbicidas em mistura podem ser atribuídas a alterações na quantidade de um herbicida que atinge seu sítio de ação através de mudanças na absorção, translocação ou

metabolismo causadas pela presença do outro herbicida (Barnes; Oliver, 2004; Matzenbacher *et al.*, 2015).

Na literatura há relatos de interação antagônica quando a flumioxazin é aplicada com herbicida inibidor do fotossistema 2, resultando em baixa eficiência de controle de ervas daninhas (Radchenko *et al.*, 2022). Enquanto, foram observados excelentes níveis de controle para *B. pilosa* e *S. rhombifolia* em aplicações da molécula isolada, demonstrando grande sensibilidade destas espécies ao flumioxazin (Jaremtchuk *et al.*, 2009), o mesmo ocorreu quando (Carbonari; Gomes; Velini, 2010) aplicou o herbicida sobre palhada e simulou uma precipitação de 20 mm, onde a quantidade de produto que atingiu o solo foi bastante eficaz no controle das plantas daninhas, associado à presença de cobertura morta. Isso pode explicar a diferente performance observada neste presente trabalho no controle de *B. pilosa* e *S. rhombifolia* (Tabela 3) para a flumioxazin isolada, ou em mistura com pyroxasulfone e imazethapyr.

De acordo com Oliveira, Freitas e Vieira (2009) a eficácia de controle de plantas daninhas-alvo acima de 80% para um herbicida é considerada eficiente. Assim, a baixa eficácia do diclosulam no controle de plantas daninhas, pode estar ligado a uma maior precipitação aos 28 DAS (Figura 1), juntamente com o potencial de lixiviação do diclosulam devido a sua solubilidade de  $\sim 100 \text{ mg kg}^{-1}$  em pH 5,5 havendo um maior escoamento vertical da molécula no perfil do solo (Main *et al.*, 2012). Além da possibilidade de adsorção de parte da molécula ao alto teor de matéria orgânica no solo (Tabela 1). Segundo Perin (2014) aplicações de diclosulam sobre solos com  $10 \text{ t ha}^{-1}$  de palha tendem a permanecer maiores concentrações nas camadas de 10 a 20 cm, quando comparado em solos sem palhada, indicando maior retenção da molécula em solos com presença de palha, e possivelmente, com uma menor umidade, menor quantidade do herbicida é disponibilizado no solo.

**Tabela 7** – Porcentagem de controle de plantas daninhas, infestante na soja cultivar DM53I54 RSF IPRO em função da aplicação de pré-emergentes de modo isolado ou associado na safra 22/2023.

| PRÉ-EMERGENTE                       | DAS <sup>(1)</sup> |   |        |   |        |   |
|-------------------------------------|--------------------|---|--------|---|--------|---|
|                                     | 14                 |   | 21     |   | 28     |   |
| pyroxasulfone                       | 100,00             | a | 77,07  | a | 96,42  | a |
| imazethapyr                         | 86,13              | b | 89,57  | a | 88,67  | a |
| flumioxazin                         | 71,20              | b | 65,30  | a | 92,85  | a |
| s-metolachlor                       | 85,42              | b | 95,83  | a | 77,13  | b |
| fomesafen                           | 83,00              | b | 86,00  | a | 85,10  | b |
| diuron                              | 94,10              | a | 100,00 | a | 95,83  | a |
| clomazone                           | 80,55              | b | 100,00 | a | 96,42  | a |
| diclosulam                          | 53,82              | c | 47,77  | b | 44,75  | c |
| sulfentrazone                       | 85,42              | b | 87,50  | a | 86,42  | a |
| flumioxazin + imazethapyr           | 100,00             | a | 83,33  | a | 92,25  | a |
| flumioxazin + pyroxasulfone         | 37,23              | c | 54,30  | b | 72,15  | b |
| s-metolachlor + fomesafen           | 73,62              | b | 46,12  | b | 63,82  | b |
| sulfentrazone + diuron              | 100,00             | a | 76,05  | a | 92,82  | a |
| pyroxasulfone + imazethapyr         | 87,50              | b | 100,00 | a | 95,82  | a |
| testemunha capinada                 | 100,00             | a | 100,00 | a | 100,00 | a |
| testemunha sem/ capina              | 0,00               | d | 0,00   | c | 0,00   | d |
| Den.(m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> | 36                 |   | 37     |   | 37     |   |
| CV (%)                              | 16,78              |   | 22,23  |   | 15,00  |   |
| Erro. Padrão                        | 6,41               |   | 8,43   |   | 6,00   |   |

<sup>(1)</sup> Dias após a semeadura. \*Médias seguidas pela letra minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. Den.(m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>= Densidade de plantas daninhas por metro<sup>2</sup> dentro da testemunha sem/ capina.

Fonte: Do autor (2024).

Para a avaliação do estande de plantas (EST), assim como o peso de mil grãos (PMG), os tratamentos com herbicidas pré-emergentes não influenciaram nos números de plantas estabelecidas e peso dos grãos. O número de plantas ficou abaixo do preconizado na semeadura, em torno de 15 plantas m.linear<sup>-1</sup> para a cultivar, isso deve-se ao baixo vigor da semente no momento da semeadura (Tabela 8).

As condições climatológicas com bons índices de precipitação acumulada de 1060 mm durante o cultivo (Figura 1), que aliado às características adequadas do solo da área experimental (Tabela 1), proporcionaram níveis de crescimento e desenvolvimento adequado do cultivo.

Quanto à altura (ALT) da soja, vale salientar que os herbicidas e suas respectivas misturas apresentaram comportamentos distintos, interferindo no crescimento das plantas de soja. Os tratamentos com aplicação de Diclosulam, e Sulfentrazone isolado ou em mistura com

Diuron proporcionaram as menores alturas de plantas, 46,2 cm, 41,7 cm e 41,7 cm respectivamente (Tabela 8).

Aplicações de Imazetapir isolado ou nas misturas com flumioxazin ou pyroxasulfone afetaram o tamanho das plantas com aproximadamente 10 cm de diferença da testemunha capinada, a dose utilizada de Imazetapir 106 gramas de ingrediente ativo, tem esse poder de causar essa redução e muita das vezes é utilizada pelos produtores com esse propósito, prevenindo acamamento da cultura.

Resultados de redução da altura da soja cultivada sobre aplicação do herbicida Imazetapir em mistura foram obtidos por Severmini *et al.* (2024). No entanto, não foi observado nenhum efeito fitotóxico. Dalazen *et al.* (2020) afirmam que doses acima de 200 e 25 gramas do ingrediente ativo dos herbicidas sulfentrazone e diclosulam respectivamente, causam redução da altura final de plantas em solos arenosos. De maneira igual, Osipe *et al.* (2014) relataram efeito do diclosulam e sulfentrazone sobre a cultura da soja, com redução da altura em relação às testemunhas, avaliadas 21 dias após o tratamento.

**Tabela 8** – Estande de plantas (EST), altura (ALT), peso de mil grãos (PMG) de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO, em função da aplicação de pré-emergentes na safra 22/2023.

| PRÉ-EMERGENTE               | EST <sup>(2)</sup> |   | ALT<br>(cm) |   | PMG<br>(g) |   |
|-----------------------------|--------------------|---|-------------|---|------------|---|
| pyroxasulfone               | 10,3               | a | 54,3        | a | 182,00     | a |
| imazethapyr                 | 10,7               | a | 50,7        | b | 181,00     | a |
| flumioxazin                 | 9,81               | a | 59,4        | a | 184,00     | a |
| s-metolachlor               | 10,5               | a | 61,4        | a | 184,50     | a |
| fomesafen                   | 10,1               | a | 60,7        | a | 182,75     | a |
| diuron                      | 11,1               | a | 61,8        | a | 179,50     | a |
| clomazone                   | 9,87               | a | 59,6        | a | 186,00     | a |
| diclosulam                  | 10,0               | a | 46,2        | c | 186,75     | a |
| sulfentrazone               | 9,44               | a | 41,7        | c | 183,25     | a |
| flumioxazin + imazethapyr   | 10,3               | a | 51,6        | b | 185,75     | a |
| flumioxazin + pyroxasulfone | 9,81               | a | 58,5        | a | 183,75     | a |
| s-metolachlor + fomesafen   | 10,5               | a | 61,9        | a | 183,00     | a |
| sulfentrazone + diuron      | 9,23               | a | 41,7        | c | 181,00     | a |
| pyroxasulfone + imazethapyr | 9,06               | a | 50,3        | b | 182,25     | a |
| testemunha capinada         | 11,0               | a | 61,15       | a | 185,00     | a |
| testemunha sem/ capina      | 9,79               | a | 60,3        | a | 182,50     | a |
| CV (%)                      | 13,72              |   | 9,24        |   | 3,35       |   |
| Erro. Padrão                | 2,07               |   | 2,54        |   | 3,07       |   |

\*Médias seguidas pela letra minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. <sup>(2)</sup>EST: estande em plantas. metro linear<sup>-1</sup>.

Fonte: Do autor (2024).

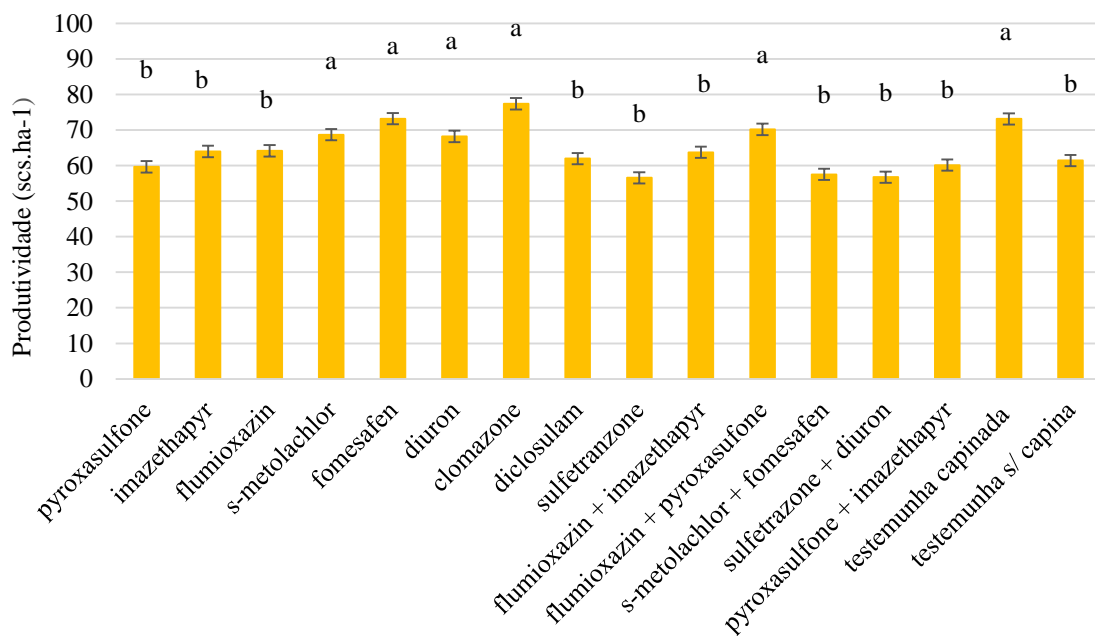
A produtividade da soja foi reduzida pela aplicação de algumas moléculas em relação a testemunha capinada, pyroxasulfone, imazethapyr, flumioxazin, diclosulam, sulfentrazone, flumioxazin + imazethapyr, s-metolachlor + fomesafen, sulfentrazone + diuron e pyroxasulfone + imazethapyr, foram estatisticamente iguais a testemunha sem capina, que também reduziu a produtividade da soja. Os tratamentos com os herbicidas isolados s-metolachlor, fomesafen, diuron, clomazone, e a mistura de flumioxazin + pyroxasulfone, não comprometeu a produtividade da soja, pois obtiveram resultados estatisticamente igual ao tratamento controle com capina. Vale salientar que a utilização dos tratamentos com herbicidas obtiveram produtividades regulares, observada com o menor resultado atingindo média de 3,940 t ha<sup>-1</sup> com aplicação do ingrediente sulfentrazone, compatível com atual produtividade nacional, de 3,51 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2024). Mesmo quando houve uma maior fitotoxicidade nas plantas, como é o caso da utilização dos herbicidas diclosulam, sulfentrazone isolados, e as misturas de sulfentrazone + diuron e pyroxasulfone + imazethapyr, estes apresentaram produtividades igual

à testemunha sem capina. Isso pode ser explicado pelo efeito supressor do herbicida sobre a população de plantas daninhas, inibindo a matocompetição.

Sintomas de muito leves a leves são frequentemente observados na cultura da soja, com os herbicidas pré-emergentes, contudo, esses sintomas não influenciaram negativamente na produtividade da soja (Dalazen *et al.*, 2020).

Entretanto, a maioria dos produtores questiona a seletividade desses herbicidas para soja, bem como, vinculam o seu uso a um desenvolvimento inicial mais lento em função da ausência de uniformidade na emergência e crescimento de plântulas no campo (Rossi; Alves; Marques Júnior, 2005) resultando em uma drástica redução da produtividade, e consequente atraso na colheita (Arsenijevic *et al.*, 2022).

**Figura 4** – Produtividade de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO cultivada sobre aplicação de pré-emergentes na safra 2022-2023.



Médias seguidas pela letra minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância.

Fonte: Do autor (2024).

## 5.2 Safra soja 2023-2024

Aos 14 dias após a semeadura (DAS) para avaliação de fitotoxicidade os tratamentos proporcionaram pequenas alterações, uma leve descoloração em plantas foi observada com a

utilização dos herbicidas diclosulam e sulfentrazone, e as misturas de sulfentrazone + diuron e pyroxasulfone + imazethapyr (Tabela 9). Aos 21 e 28 DAS as plantas semeadas nas parcelas tratadas com diclosulam, e sulfentrazone + diuron continuaram a diferenciar-se dos controles. Esses resultados, demonstram que aplicações dos pré-emergentes diclosulam e a mistura dos herbicidas sulfentrazone + diuron causam pequenas injúrias sem necroses nas folhas de plantas de soja, uma vez observados em resultados das duas safras. Para os demais tratamentos apenas a aplicação da mistura de pyroxasulfone + imazethapyr proporcionaram pequeno amarelecimento das folhas aos 14 DAS, observando que plantas se recuperam dos sintomas nas avaliações seguintes. Borges, Barroso e Ventura (2023) trabalhando com herbicidas isolados e misturas comerciais de pré-emergentes não observaram efeitos de fitointoxicação em plantas avaliadas até 28 dias após emergência.

Em relação ao diclosulam, Albrecht *et al.* (2021) relatam sintomas mais intensos, até 10,3% aos 21 dias após a aplicação, sendo superiores a quase todos os outros tratamentos. Os mesmos autores também observaram que aplicações das misturas sulfentrazone + diuron causam leves sintomas de injúria em soja. Contudo, as plantas se recuperam dos sintomas sem efeito no desempenho agrônômico, o que comprova a seletividade do herbicida.

Este fato pode ser explicado pela persistência variável dessas moléculas a depender das características físico-química do solo (Figura 2) tendo um grande potencial de lixiviação dependente do pH e textura (USEPA, 1997). Em pH elevado sua capacidade de adsorção é reduzida (Shaner, 2012) permanecendo dissolvido na parte líquida, aumentando o potencial de fitotoxicidade.

**Tabela 9** – Fitointoxicação em soja cultivar DM53I54 RSF IPRO cultivada sobre aplicações de pré-emergentes na safra 2023/2024.

| PRÉ-EMERGENTE               | DAS <sup>(1)</sup> |   |       |   |       |   |
|-----------------------------|--------------------|---|-------|---|-------|---|
|                             | 14                 |   | 21    |   | 28    |   |
| pyroxasulfone               | 1,33               | a | 1,33  | a | 1,00  | a |
| imazethapyr                 | 1,33               | a | 1,67  | a | 1,25  | a |
| flumioxazin                 | 1,17               | a | 1,40  | a | 1,08  | a |
| s-metolachlor               | 1,00               | a | 1,25  | a | 1,08  | a |
| fomesafen                   | 1,17               | a | 1,16  | a | 1,16  | a |
| diuron                      | 1,08               | a | 1,25  | a | 1,25  | a |
| clomazone                   | 1,00               | a | 1,08  | a | 1,00  | a |
| diclosulam                  | 1,83               | b | 2,41  | b | 2,42  | c |
| sulfentrazone               | 2,58               | b | 2,67  | b | 1,83  | b |
| flumioxazin + imazethapyr   | 1,05               | a | 1,25  | a | 1,16  | a |
| flumioxazin + pyroxasulfone | 1,50               | a | 1,83  | a | 1,17  | a |
| s-metolachlor + fomesafen   | 1,16               | a | 1,33  | a | 1,42  | a |
| sulfentrazone + diuron      | 2,25               | b | 3,16  | b | 2,17  | c |
| pyroxasulfone + imazethapyr | 1,83               | b | 1,83  | a | 1,42  | a |
| testemunha capinada         | 1,00               | a | 1,00  | a | 1,00  | a |
| testemunha sem/ capina      | 1,00               | a | 1,00  | a | 1,00  | a |
| CV (%)                      | 29,05              |   | 27,79 |   | 22,83 |   |
| Erro. Padrão                | 0,202              |   | 0,222 |   | 0,152 |   |

<sup>(1)</sup> Dias após a semeadura. Médias seguidas pela letra minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância.

Fonte: Do autor (2024).

No geral, os herbicidas obtiveram controle da comunidade de plantas daninhas, porém observa-se um percentual abaixo da safra anterior. Contudo, observou-se que aplicações da mistura pyroxasulfone + imazethapyr obteve controle acima de 80% em todas as avaliações, contendo efeito aditivo aos 14 DAS e sinérgico aos 21 e 28 DAS (Tabela 10).

Entre os tratamentos, aplicações de flumioxazin, fomesafen e diuron, isolados além da mistura flumioxazin + imazethapyr, apresentaram baixo nível de controle, principalmente nas avaliações de 21 e 28 DAS.

O comportamento de herbicidas no ambiente está relacionado com as propriedades físico-químicas do herbicida e do solo, com as condições climáticas, com o manejo e com o sistema de cultivo utilizado (Niekamp; Johnson, 2001).

As características não-iônico da flumioxazin apresenta baixa solubilidade em água (1,79 mg L<sup>-1</sup> a 25 °C), associadas às condições ambientais (Figura 2) e principalmente o teor de argila de 59% e matéria orgânica do solo (Tabela 2), além do histórico de *Commelina benghalensis* (Tabela 4) na área podem ser a resposta pelo índice no controle destes herbicidas. Carbonari,

Gomes e Velini (2010) puderam observar que há uma tendência de redução nos níveis de controle para algumas espécies de plantas daninhas, quando o flumioxazin é exposto ao período sem ocorrência de chuvas. Assim como, Nicolai *et al.* (2010) observaram que em solo argiloso (55% de argila) houve necessidade de maior quantidade de flumioxazin, com 61,1 gramas do ingrediente ativo para atingir a mesma eficiência de controle do que em solos mais arenosos.

Em relação aplicações do herbicida pyroxasulfone, os bons resultados no controle de plantas daninhas nos dois anos de experimento, está ligado a capacidade do herbicida em transpor a palhada e chegar ao solo em quantidade suficiente para promover excelente controle, independentemente do nível de palha no momento da aplicação, sendo superior a outros pré-emergentes quando submetidos ao mesmo sistema de produção (Matte *et al.*, 2021).

Sobre o diuron, Rocha *et al.* (2013) observaram correlações positivas na constante de adsorção entre a matéria orgânica e o teor de argila, enfatizando assim a maior capacidade de sorção desse herbicida em solos com elevados teores de matéria orgânica e de argila. Vale ressaltar que, em solos extremamente argilosos e com teores de matéria orgânica elevados (Tabela 2), geralmente há alta sorção e baixa dessorção, o que diminui a disponibilidade do diuron na solução do solo.

**Tabela 10** – Porcentagem de controle de plantas daninhas, infestante na soja cultivar DM53I54 RSF IPRO em função da aplicação de pré-emergentes de modo isolado ou associado na safra 23/2024.

| PRÉ-EMERGENTE                       | DAS <sup>(1)</sup> |   |        |   |        |   |
|-------------------------------------|--------------------|---|--------|---|--------|---|
|                                     | 14                 |   | 21     |   | 28     |   |
| pyroxasulfone                       | 89,12              | a | 67,37  | b | 64,62  | b |
| imazethapyr                         | 72,82              | b | 62,40  | b | 60,95  | b |
| flumioxazin                         | 70,62              | b | 51,57  | c | 52,95  | c |
| s-metolachlor                       | 47,62              | b | 69,10  | b | 62,45  | b |
| fomesafen                           | 60,50              | b | 49,82  | c | 51,15  | c |
| diuron                              | 53,42              | b | 49,50  | c | 36,82  | c |
| clomazone                           | 61,27              | b | 83,17  | a | 87,20  | a |
| diclosulam                          | 81,17              | a | 80,00  | a | 97,52  | a |
| sulfentrazone                       | 79,00              | a | 66,75  | b | 68,02  | b |
| flumioxazin + imazethapyr           | 64,07              | b | 54,65  | c | 40,60  | c |
| flumioxazin + pyroxasulfone         | 87,52              | a | 75,60  | b | 75,02  | b |
| s-metolachlor + fomesafen           | 70,32              | b | 46,15  | c | 65,45  | b |
| sulfentrazone + diuron              | 84,75              | a | 86,20  | a | 82,50  | a |
| pyroxasulfone + imazethapyr         | 83,70              | a | 91,55  | a | 89,25  | a |
| testemunha capinada                 | 100,00             | a | 100,00 | a | 100,00 | a |
| testemunha sem/ capina              | 0,00               | c | 0,00   | d | 0,00   | d |
| Den.(m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> | 185                |   | 219    |   | 223    |   |
| CV (%)                              | 19,71              |   | 15,84  |   | 18,48  |   |
| Erro. Padrão                        | 6,81               |   | 5,11   |   | 6,03   |   |

<sup>(1)</sup> Dias após a semeadura. \*Médias seguidas pela letra minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância. Den.(m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup> = Densidade de plantas daninhas por metro<sup>2</sup> dentro da testemunha sem capina.

Fonte: Do autor (2024).

Para a avaliação do estande de plantas (EST) da soja na safra 2023/24, não houve diferença estatística entre os tratamentos, a variável altura de plantas em função dos herbicidas, seguiu a mesma tendência da fitotoxicidade. Aplicações dos herbicidas diclosulam e sulfentrazone, assim como a mistura de sulfentrazone + diuron reduziu a altura das plantas (ALT). No entanto, não houve diferença entre as médias observadas comparado aos controles (Tabela 11), evidenciando que apesar da persistência dos herbicidas ao solo, mesmo com a sensibilidade da cultivar, houve uma boa recuperação. Para os demais herbicidas, a tendência dos efeitos da intoxicação se tornou menos evidente, conferindo uma boa seletividade da cultivar.

Quanto ao peso de mil grãos (PMG) da soja, as aplicações dos pré-emergentes promoveram diferença entre os tratamentos. Os tratamentos com os herbicidas isolados pyroxasulfone, imazethapyr, flumioxazina, fomesafen, diuron, e a mistura de flumioxazin +

pyroxasulfone afetaram no peso de mil grãos, sendo igual estatisticamente ao tratamento sem capina.

Alguns trabalhos relatam diferenças na altura de plantas, provocadas pela aplicação de pré-emergentes, principalmente para diclosulam, que reduziram a altura das plantas de soja, nas avaliações em estádios reprodutivos. Contudo, nestes estudos não foram detectadas diferenças entre os tratamentos para peso de mil grãos (Albrecht *et al.*, 2023; Dalazen *et al.*, 2020).

**Tabela 11** – Estande de plantas (EST), altura (ALT), peso de mil grãos (PMG) de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO cultivada sobre aplicação de pré-emergentes na safra 22/2023.

| COMPONENTES AGRONÔMICOS     |                                   |   |             |   |            |   |
|-----------------------------|-----------------------------------|---|-------------|---|------------|---|
| PRÉ-EMERGENTE               | EST<br>(plantas.m <sup>-1</sup> ) |   | ALT<br>(cm) |   | PMG<br>(g) |   |
| pyroxasulfone               | 13,4                              | a | 78,9        | a | 182,87     | b |
| imazethapyr                 | 13,0                              | a | 81,3        | a | 167,46     | b |
| flumioxazin                 | 12,7                              | a | 80,6        | a | 179,33     | b |
| s-metolachlor               | 12,4                              | a | 78,5        | a | 185,18     | a |
| fomesafen                   | 13,1                              | a | 78,1        | a | 178,38     | b |
| diuron                      | 13,0                              | a | 78,6        | a | 177,06     | b |
| clomazone                   | 13,6                              | a | 84,3        | a | 201,74     | a |
| diclosulam                  | 13,0                              | a | 73,0        | b | 195,74     | a |
| sulfentrazone               | 13,1                              | a | 74,7        | b | 197,75     | a |
| flumioxazin + imazethapyr   | 13,2                              | a | 78,9        | a | 198,84     | a |
| flumioxazin + pyroxasulfone | 13,1                              | a | 78,4        | a | 175,93     | b |
| s-metolachlor + fomesafen   | 12,5                              | a | 78,1        | a | 189,58     | a |
| sulfentrazone + diuron      | 13,1                              | a | 73,0        | b | 202,14     | a |
| pyroxasulfone + imazethapyr | 12,5                              | a | 77,6        | a | 196,14     | a |
| testemunha capinada         | 13,1                              | a | 75,9        | b | 191,28     | a |
| testemunha sem/ capina      | 12,6                              | a | 74,0        | b | 174,60     | b |
| CV (%)                      | 7,44                              |   | 5,16        |   | 4,37       |   |
| Erro. Padrão                | 1,44                              |   | 2,00        |   | 4,09       |   |

Médias seguidas pela letra minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância.

Fonte: Do autor (2024).

Os herbicidas pré-emergentes apresentaram dinâmica diferente da safra anterior para a produtividade da soja. Aplicações dos herbicidas imazethapyr, flumioxazin, s-metolachlor, fomesafen foram mais prejudiciais ao rendimento em sacas de soja, equiparando as médias ao tratamento sem capina 35,64 sacas ha<sup>-1</sup>, provavelmente devido a uma maior pressão de

daninhas, atrelada a uma menor quantidade de palha presente na área, proporcionou impacto da matocompetição sobre a produtividade (Figura 5).

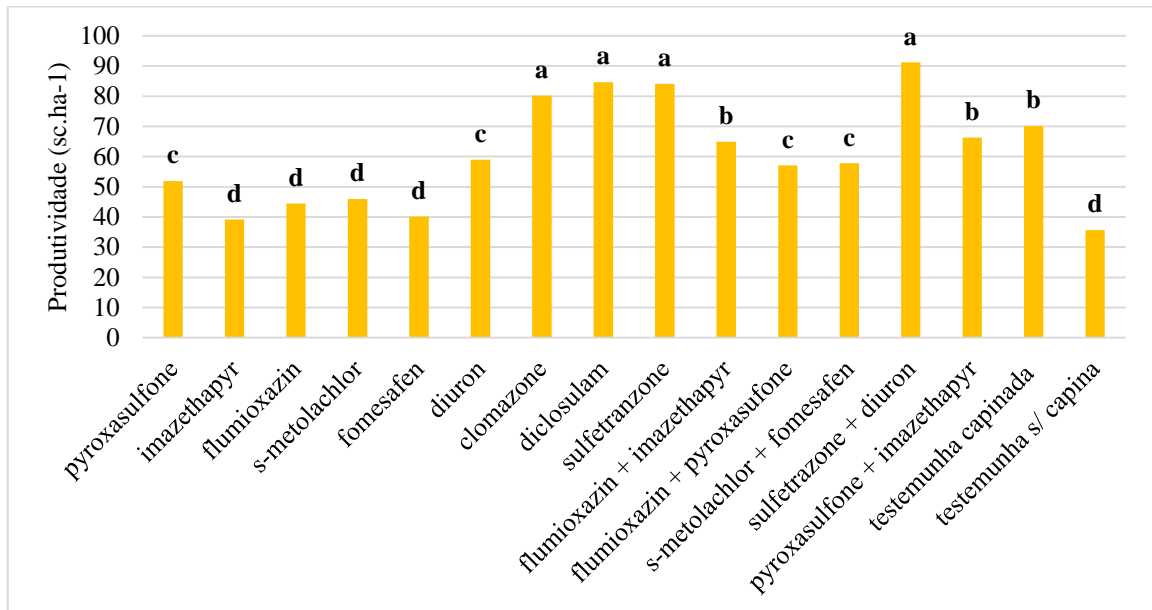
Os tratamentos com aplicações de pyroxasulfone, diuron e as misturas de flumioxazina + pyroxasulfone e s-metolachlor + fomesafen reduziram a produtividade em 26%, 16%, 18%, e 17% respectivamente, quando comparada com o tratamento controle com capina (Figura 5). Confirma os resultados apresentando anteriormente, demonstrando menor residual no solo, consequentemente menor controle sobre a sociedade de plantas daninhas.

As maiores produtividades de grãos de soja foram observadas para aplicações dos pré-emergentes a base de clomazone (80,1 sacas ha<sup>-1</sup>), sulfentrazone com (84,7 sacas ha<sup>-1</sup>), diclosulam com (84 sacas ha<sup>-1</sup>) e a mistura de sulfentrazone + diuron com (91,2 sacas ha<sup>-1</sup>), sendo estatisticamente acima do tratamento controle com capina. Destaca-se a utilização do herbicida clomazone por não causar injúrias à cultura, excelente controle de plantas daninhas após os 14 DAS, coincidindo com o período crítico de prevenção a interferência (PCPI) da cultura da soja. Ou seja, foi efetivo no período mais crítico de interferência por plantas daninhas na cultura.

Evidências da seletividade de herbicidas na pré-emergência para soja são bastante relatados. Para Albrecht *et al.* (2023) aplicações de Diclosulam, Sulfentrazone, flumioxazin, s-metolachlor, imazethapyr + flumioxazin não afetaram negativamente o desempenho agrônômico, quando aplicados em pré-emergência.

Herbicidas pré-emergentes com efeito residual até o desenvolvimento vegetativo da soja são essenciais no manejo de plantas daninhas permitindo maiores rendimento da soja (Pedroso; Neto; Neto, 2020), pois o não controle dos bancos de sementes, causa maior pressão de matocompetição, impactando diretamente na produtividade da cultura. Assim, como observado, onde os herbicidas que causaram injúrias, obtiveram melhores controle de plantas daninhas, evidenciando que em áreas com maiores altas infestações e banco de sementes tendem a se destacar de forma positiva, mesmo com potencial fitotóxico.

**Figura 5** – Resultados de produtividade de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO cultivada sobre aplicação de pré-emergentes na safra 2023-2024.



Médias seguidas pela letra minúsculas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância.

Fonte: Do autor (2024).

### 5.3 Milho segunda safra

Nos resultados obtidos para a cultura do milho segunda safra foi observado interação significativa dos pré-emergentes para a fitotoxicidade (FDAS) e altura da espiga (ALTE). Contudo, para as avaliações de estande de plantas (EST), número de fileiras por espiga (FNE) e produtividade, os tratamentos não se diferenciam estatisticamente (Apêndice 5).

Aos 14 e 21 dias após a semeadura (DAS) não foi observado diferença entre os tratamentos (dados não apresentados). Porém, aos 28 DAS foram observadas plantas com pequenos sintomas de amarelecimento das folhas para aplicações dos herbicidas flumioxazin, clomazone, diclosulam, e a mistura pyroxasulfone + imazethapyr.

Aos 35 DAS aplicações do herbicida imazethapyr e sua mistura com pyroxasulfone, assim como a utilização dos ingredientes ativos diclosulam, clomazone e sulfentrazone + diuron causaram pequenas injúrias nas plantas de milho (Tabela 12). Sobretudo, observou-se um maior efeito fitotóxico no milho semeado em solo tratado com o herbicida diclosulam, apresentando diferença significativa com os demais tratamentos e as testemunhas. Relatos de injúria quando se aplica diclosulam em pré-emergência ou em pré-plantio e incorporado na soja são frequentes, portanto, não se recomenda o plantio de milho em sucessão antes de 90 dias (Rodrigues; Almeida, 2005).

Assim como o presente trabalho, Dan *et al.* (2011), avaliando resíduos de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão, verificou que a atividade residual do herbicida imazetapir 0,1 a 0,12 kg ha<sup>-1</sup> foi suficiente para causar leve intoxicação às plantas de milho dos 7 aos 28 DAA (Santos *et al.*, 2012) em solos com 4,8 de M.O, nota-se que, os intervalos encontrados de 90 dias, para imazethapyr, ainda causaram sintomas de fitotoxicidade inicial, com valores de 12% para imazethapyr (Ulbrich; Rodrigues; Lima, 1998).

Gonçalves *et al.* (2018) avaliando efeito de carryover na cultura do milho, verificaram que o índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) das folhas foi reduzido em média em 14,7% pelo herbicida flumioxazin aplicada 120 dias antes do plantio, significando maior amarelecimento da planta.

**Tabela 12** – Resultados de fitotoxicidade, em milho híbrido B2702VYHR segunda safra, após soja cultivada sobre aplicações de pré-emergentes na safra 2023/2024.

| FITOINTOXICAÇÃO DA PLANTA DE MILHO |                    |   |       |   |
|------------------------------------|--------------------|---|-------|---|
| PRÉ-EMERGENTE                      | DAS <sup>(1)</sup> |   |       |   |
|                                    | 28                 |   | 35    |   |
| pyroxasulfone                      | 1,00               | a | 1,00  | a |
| imazethapyr                        | 1,00               | a | 1,41  | b |
| flumioxazin                        | 1,25               | b | 1,00  | a |
| s-metolachlor                      | 1,00               | a | 1,00  | a |
| fomesafen                          | 1,00               | a | 1,00  | a |
| diuron                             | 1,00               | a | 1,00  | a |
| clomazone                          | 1,59               | b | 1,68  | b |
| diclosulam                         | 2,75               | b | 2,83  | c |
| sulfentrazone                      | 1,00               | a | 1,00  | a |
| flumioxazin + imazethapyr          | 1,00               | a | 1,00  | a |
| flumioxazin + pyroxasulfone        | 1,00               | a | 1,00  | a |
| s-metolachlor + fomesafen          | 1,00               | a | 1,00  | a |
| sulfentrazone + diuron             | 1,00               | a | 1,33  | b |
| pyroxasulfone + imazethapyr        | 1,58               | b | 1,50  | b |
| testemunha capinada                | 1,00               | a | 1,00  | a |
| testemunha sem/ capina             | 1,00               | a | 1,00  | a |
| CV (%)                             | 24,44              |   | 27,51 |   |
| Erro. Padrão                       | 0,14               |   | 0,17  |   |

<sup>(1)</sup> Dias após a semeadura. Médias seguidas pela letra minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância.

Fonte: Do autor (2024).

Para a avaliação de estande de plantas, os herbicidas pré-emergentes não diferiram, demonstrando que os tratamentos não influenciaram a emergência da cultura do milho. Da

mesma forma, os pré-emergentes aplicados na cultura da soja não influenciaram no número de fileiras de grãos por espiga (Tabela 13).

Interação significativa foi observado para altura de espiga (ALTE) em função do pré-emergentes utilizado em plante-aplique na cultura da soja. Utilização do herbicida diclosulam resultou inserção de espiga mais baixa de 108,9 cm entre os tratamentos, enquanto, para a flumioxazin + pyroxasulfone obteve a inserção de espiga com médias mais altas de 121, 8 cm.

Dan *et al.* (2011) trabalhando com herbicidas pré-emergentes na cultura da soja, não constatados efeitos sobre a altura de inserção da primeira espiga. Todavia, os resíduos dos herbicidas diclosulam e imazethapyr foram suficientes para causar reduções no crescimento das plantas.

Santos *et al.* (2012) avaliando carryover na cultura do milho semeado de 90 a 120 dias após aplicações do herbicida Imazethapyr não observaram resultados significativos para emergência de plantas, no entanto, a partir dos 90 dias apresentou redução da massa de matéria seca da parte aérea. O fato de a semeadura da cultura do milho ocorrer a 115 dias após a aplicação dos pré-emergentes, possibilitou a não interferência no estande de plantas. Pré-emergentes demonstram efeito residual e influência dos herbicidas na cultura milho até os 105 dias após aplicação (Santos *et al.*, 2018).

**Tabela 13** – Resultados de estande de plantas (EST), altura de inserção da espiga (ALTE), número de fileiras por espiga (NFE) de milho híbrido B2702VYHR segunda safra, após soja cultivada sobre aplicação de pré-emergentes na safra 22/2023.

| COMPONENTES AGRONÔMICOS     |                                  |   |              |   |      |   |
|-----------------------------|----------------------------------|---|--------------|---|------|---|
| PRÉ-EMERGENTE               | EST<br>(plant. m <sup>-1</sup> ) |   | ALTE<br>(cm) |   | NFE  |   |
| pyroxasulfone               | 2,8                              | a | 119,8        | a | 13,4 | a |
| imazethapyr                 | 2,9                              | a | 113,1        | b | 13,0 | a |
| flumioxazin                 | 2,9                              | a | 117,7        | a | 13,5 | a |
| s-metolachlor               | 2,8                              | a | 118,4        | a | 13,6 | a |
| fomesafen                   | 3,0                              | a | 112,0        | b | 13,7 | a |
| diuron                      | 2,9                              | a | 111,7        | b | 13,6 | a |
| clomazone                   | 2,8                              | a | 111,4        | b | 13,8 | a |
| diclosulam                  | 2,8                              | a | 108,9        | b | 13,4 | a |
| sulfentrazone               | 2,8                              | a | 113,8        | b | 13,8 | a |
| flumioxazin + imazethapyr   | 2,9                              | a | 116,8        | a | 13,5 | a |
| flumioxazin + pyroxasulfone | 2,8                              | a | 121,8        | a | 13,7 | a |
| s-metolachlor + fomesafen   | 2,9                              | a | 118,3        | a | 13,3 | a |
| sulfentrazone + diuron      | 2,9                              | a | 112,1        | b | 13,3 | a |
| pyroxasulfone + imazethapyr | 3,0                              | a | 120,0        | a | 13,7 | a |
| testemunha capinada         | 2,9                              | a | 116,8        | a | 13,9 | a |
| testemunha sem/ capina      | 2,9                              | a | 119,6        | a | 13,6 | a |
| CV (%)                      | 6,73                             |   | 4,71         |   | 3,16 |   |
| Erro. Padrão                | 0,29                             |   | 2,72         |   | 0,21 |   |

Médias seguidas pela letra minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância.

Fonte: Do autor (2024).

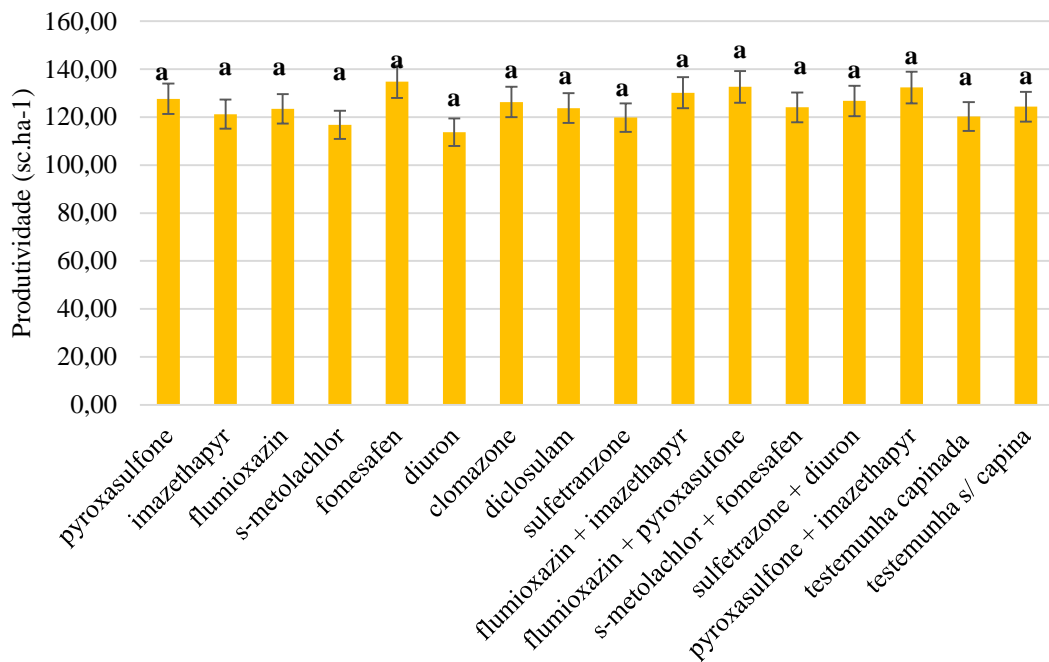
Embora para o milho não tenham diferido estatisticamente para o efeito carryover na produtividade, as diferenças nos rendimentos de grãos entre os tratamentos podem interferir comercialmente na tomada de decisão do produtor rural no momento da utilização de um princípio ativo. O resultado obtido entre os tratamentos com herbicidas pré-emergentes apresentou diferença de 21,04 sc ha<sup>-1</sup>, em relação a aplicação do ingrediente ativo fomesafen e diuron (Figura 6). A escolha do herbicida não se baseia apenas no carryover, e sim em um conjunto de características, sobretudo, população de plantas daninhas, granulometria do solo e sistemas de cultivo.

Diversos relatos positivos e negativos acerca de pré-emergentes em relação ao rendimento de grãos da cultura de milho. Dan *et al.* (2011) observaram que os herbicidas diclosulam e imazethapyr ocasionaram redução na produtividade, sendo de 1.013 e 897 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Embora os resíduos no solo de fomesafen tenham reduzido o acúmulo de massa seca da parte aérea das plantas de milho, não afetaram o rendimento do grão. Esses

resultados podem ser estendidos para sulfentrazone, flumioxazin, os quais também não afetaram o rendimento da cultura.

O contrário foi observado por Artuzi e Contiero (2006) que não observaram efeitos negativos do milho cultivado em sucessão à soja após a utilização de imazethapyr em latossolo vermelho eutroférico. Geralmente os herbicidas persistem mais em solos com maiores teores de argila e matéria orgânica e baixo pH de solo. O que provavelmente auxiliou para que não houvesse o efeito carryover no milho segunda safra.

**Figura 6** – Resultados de produtividade do milho B2702VYHR segunda safra, semeado após soja cultivada sobre aplicação de pré-emergentes na safra 2023-2024.



Médias seguidas pela letra minúsculas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% significância.

Fonte: Do autor (2024).

## 6 CONCLUSÕES

Todos os herbicidas apresentaram boa seletividade para a soja DM53I54.

Entre os herbicidas, o Clomazone foi o que apresentou excelentes resultados agronômicos, como seletividade, controle de plantas daninhas e produtividade para a cultura da soja.

Diclosulam e Sulfentrazone isolado ou em mistura com Diuron, devem ser posicionados para a cultura da soja em áreas com maior pressão de daninhas, onde o potencial fitotóxico desses herbicidas será menos prejudicial que a matocompetição inibida por eles.

Os herbicidas aplicados na cultura da soja causam carryover no milho B2702 semeado após 115 dias, sem causar redução da produtividade da cultura.

## REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, Alfredo Junior Paiola *et al.* Pre-sowing application of combinations of burndown and pre-emergent herbicides for *Conyza* spp. control in soybean. **Agronomía Colombiana**, v. 39, n. 1, p. 121-128, 2021.
- ALBRECHT, Leandro Paiola *et al.* Growth and agronomic performance of soybean applied with pre-emergence herbicides. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v. 76, n. 3, p. 10485-10492, 2023.
- ARSENIJEVIC, Nikola *et al.* Influence of integrated agronomic and weed management practices on soybean canopy development and yield. **Weed Technology**, v. 36, n. 1, p. 73-78, 2022.
- ARTUZI, Jorge Paulo; CONTIERO, Robinson Luiz. Herbicidas aplicados na soja e produtividade do milho em sucessão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1119-1123, 2006.
- BARNES, J. W.; OLIVER, L. R. Cloransulam-metílico antagonizes annual grass control with aryloxyphenoxypropionate graminicides but not cyclohexanediones. **Weed Technology**, v. 18, n. 3, p. 763-772, 2004.
- BENEDETTI, José Guilherme Rehder *et al.* Período anterior a interferência de plantas daninhas em soja transgênica. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 4, p. 289-295, 2009.
- BORGES, Jenefer Dias; BARROSO, Alberto Leão de Lemos; VENTURA, Matheus Vinicius Abadia. Performance dos herbicidas em pré-emergência da soja visando ao controle do espectro de plantas daninhas. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 12, p. e87121243969-e87121243969, 2023.
- BRANDÃO, M.; BRANDÃO, H.; LACA, B. J. P. A mata ciliar do rio Sapucaí, município de Santa Rita do Sapucaí - MG: **Fitossociologia. Daphne**, v. 8, n. 4, p. 36-48, 1998.
- CARBONARI, Caio Antonio; GOMES, Giovanna Larissa Gimenes Cotrick; VELINI, Edivaldo Domingues. Efeitos de períodos sem a ocorrência de chuva na eficácia do flumioxazin aplicado no solo e na palha de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 9, n. 3, p. 81-88, 2010.
- CHEMALE, Vera Maria; FLECK, N. G. Avaliação de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em competição com *Euphorbia heterophylla* L. sob três densidades e dois períodos de ocorrência. **Planta Daninha**, v. 5, p. 36-45, 1982.
- CONAB. Safra de grãos 2023/2024 está estimada em 294,1 milhões de toneladas. **Companhia Nacional de Abastecimento**, 2024. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5478-safra-de-graos-2023-2024-esta-estimada-em-294-1-milhoes-de-toneladas> >. Acesso em: 24 mai. de 2024.
- CORREIA, Núbia Maria; REZENDE, Pedro Milanez de. Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja. **Lavras: Editora UFLA**, v. 51, 55 p., 2002.

- CRUZ, José Carlos; PEREIRA FILHO, Israel Alexandre; DUARTE, Aildson Pereira. Milho safrinha. **Embrapa**, 2021. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo/milho-safrinha> >. Acesso em: 08 jun. de 2023.
- CURY, J. P. *et al.* Eficiência nutricional de cultivares de feijão em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 31, p. 79-88, 2013.
- DALAZEN, Giliardi *et al.* Soybean tolerance to sulfentrazone and diclosulam in sandy soil. **Planta Daninha**, v. 38, p. e020225717, 2020.
- DAN, H. A. *et al.* Atividade residual de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura da soja sobre o milheto cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, v. 29, p. 663-671, 2011.
- DAN, Hugo Almeida *et al.* Resíduos de herbicidas utilizados na cultura da soja sobre o milho cultivado em sucessão. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 86-91, 2012.
- DELGADO, Guilherme Costa; BERGAMASCO, Sonia Maria Pessoa Pereira. Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro. **Secretaria Especial de Agricultura e do Desenvolvimento Agrário**, Ministério do Desenvolvimento Agrário, 470 p., 2017.
- EWRC. Report of 3rd and 4th Meetings of EWRC Committee of Methods in Weed Research. European Weed Research Council, **Weed Res.**, v. 4, n. 1, p. 88-88, 1964.
- FEHR, Walter; CAVINESS, Charles. Stages of soybean development. **Ames: Iowa State University of Science and Technology**, Special Report 80, 11 p., 1977.
- FERHATOGLU, Yurdagul; BARRETT, Michael. Studies of clomazone mode of action. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 85, n. 1, p. 7-14, 2006.
- FIALHO, Cíntia Maria Teixeira *et al.* Fitossociologia da comunidade de plantas daninhas na cultura da soja transgênica sob dois sistemas de preparo do solo. **Scientia Agraria**, v. 12, n. 1, p. 9-17, 2011.
- FRANCHINI, Julio Cezar *et al.* Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. **Embrapa Soja**, Documentos 327, 1. ed., 50 p., 2011.
- GALON, Leandro *et al.* Seletividade e eficácia de herbicidas aplicados em soja para o controle de plantas daninhas. **Agrarian**, v. 15, n. 55, p. e15715-e15715, 2022.
- GAZOLA, Tiago *et al.* Efeitos do diclosulam na soja cultivada em solos de diferentes classes texturais. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 15, n. 4, p. 353-361, 2016.
- GOMES JR, F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta daninha**, v. 26, p. 789-798, 2008.
- GONÇALVES, Felipe Augusto Reis *et al.* Atividade residual de herbicidas nas culturas do milho e da soja. **Revista de Ciências**, v. 61, 2018.
- HUANG, Zhaofeng *et al.* Investigation of resistance mechanism to fomesafen in *Amaranthus retroflexus* L. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 165, p. 104560, 2020.

- INAGAKI, Celso Hajine; BOIAGO, Nayara Parisoto. Característica fisiológica e físico-químicas de sementes de soja sob danos de percevejos. **Revista Cultivando o Saber**, p. 19-30, 2020.
- JAREMTCHUK, C. C. *et al.* Efeito residual de flumioxazin sobre a emergência de plantas daninhas em solos de texturas distintas. **Planta Daninha**, v. 27, p. 191-196, 2009.
- LAVORENTI, Arquimedes *et al.* Comportamento do diclosulam em amostras de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 183-190, 2003.
- LAZAROTO, Carlos Alberto; FLECK, Nilson Gilberto; VIDAL, Ribas Antonio. Biologia e ecofisiologia de buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*). **Ciência Rural**, v. 38, p. 852-860, 2008.
- LIENER, Irvin E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 34, n. 1, p. 31-67, 1994.
- MAIN, Christopher L. *et al.* Cotton tolerance to fomesafen applied preemergence. **J Cotton Sci**, v. 16, p. 80-87, 2012.
- MANCUSO, Mauricio Antonio Cuzato, *et al.* Efeito residual de herbicidas no solo (“Carryover”). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.
- MATTE, Willian D. *et al.* Controle de capim-amargoso após a aplicação de herbicidas em pré-emergência em solo com níveis crescentes de palhada de soja e milho. **Weed Control J**, v. 20, 2021.
- MATZENBACHER, F. de O. *et al.* Antagonism is the predominant effect of herbicide mixtures used for imidazolinone-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control. **Planta Daninha**, v. 33, p. 587-597, 2015.
- MEIRA, Flavia de Andrade *et al.* Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina, Ciências agrárias**, v. 30, n. 2, p. 275-283, 2009.
- MENDES, Kássio Ferreira; IONOUE, Miriam Hiroko. Herbicidas no ambiente: comportamento e destino. **Editora UFV**, 2022.
- MONQUERO, P. A. *et al.* Mapas de infestação de plantas daninhas em diferentes Sistemas de colheita da cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 47-55, jan. 2008.
- MUELLER, Thomas C. *et al.* Dissipation of fomesafen, saflufenacil, sulfentrazone, and flumioxazin from a Tennessee soil under field conditions. **Weed Science**, v. 62, n. 4, p. 664-671, 2014.
- NALINI, R. Rama Praba. *et al.* Persistence of sulfentrazone in soil under soybean and its carryover effect on bioindicators. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science**, v. 67, n. 3, p. 217-222, 2017.
- NICOLAI, M. *et al.* Influência da textura do solo e resíduos de indústrias canavieira na eficácia do herbicida para a planta daninha corda-de-viola (*Ipomoea quamoclit*). In: XXVII

Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas**, p. 2136-2140, 2010.

NIEKAMP, J. W.; JOHNSON, W. G. Weed management with sulfentrazone and flumioxazin in no-tillage soybean (*Glycine max*). **Crop Protection**, v. 20, n. 3, p. 215-220, 2001.

NUNES, José Luis da Silva. Características da soja. **Agrolink**, 2020. Disponível em: < [https://www.agrolink.com.br/culturas/soja/informacoes/caracteristicas\\_361509.html](https://www.agrolink.com.br/culturas/soja/informacoes/caracteristicas_361509.html) >. Acesso em: 24 mai. 2024.

OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P.; VIEIRA, H. D. Interference of dayflower species in coffee culture. **Planta Daninha**, v. 27, p. 823-830, 2009.

OSIPE, Jethro Barros *et al.* Seletividade de aplicações combinadas de herbicidas em pré e pós emergência para a soja tolerante ao glifosato. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 623-631, 2014.

PALIWAL, Alok *et al.* Persistence of fomesafen herbicide residues in soybean crop. **Plant Archives**, v. 19, n. 2, p. 1974-1979, 2019.

PEDROSO, Rafael Munhoz; NETO, Roberto Costa Avila; NETO, Durval Dourado. A aplicação de herbicidas pré-emergentes na modalidade plante-e-aplique favorece o controle de caruru e poaia-branca na cultura da soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 1, 2020.

PERIM, Lucas. Dinâmica, eficácia e seletividade do diclosulam em condições de cana crua. **Tese (Doutorado em Agronomia – Agricultura) Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu**, 81 p., 2014.

PROCÓPIO, S. O. *et al.* Ponto de murcha permanente de soja, feijão e plantas daninhas. **Planta daninha**, v. 22, p. 35-41, 2004.

PROCÓPIO, S. O. *et al.* Utilização de chlorimuron-ethyl e imazethapyr na cultura da soja Roundup Ready®. **Planta daninha**, v. 25, p. 365-373, 2007.

RADCHENKO, M. *et al.* Effectiveness of using the mixtures of herbicides flumioxazine and fluorochloridone in sunflower crops. **Agricultural Science and Practice**, v. 9, n. 2, p. 23-37, 2022.

RANI, Dimple *et al.* Behavior of pre-mix formulation of imazethapyr and imazamox herbicides in two different soils. **Environmental monitoring and assessment**, v. 191, p. 1-8, 2019.

REZENDE, Adilson Lemos *et al.* Associação de herbicidas para o manejo de plantas daninhas em milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 4, p. e742 (1-8), 2020.

RIBEIRO, Nerinéia Dalfollo *et al.* Desempenho agrônômico e qualidade de cozimento de linhagens de feijão de grãos especiais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, p. 92-100, 2014.

RIZZARDI, M. A. *et al.* Aspectos gerais do controle de plantas. *In*: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Manual de manejo e controle de plantas daninhas. **Embrapa Uva e Vinho**, p. 105-144, 2004.

- ROCHA, P. R. R. *et al.* Sorção e dessorção do diuron em quatro latossolos brasileiros. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 231-238, 2013.
- RODRIGUES, B. N. *et al.* Guia de herbicidas. **Londrina: Edição dos autores**, 6<sup>a</sup> ed., 591 p., 2011.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. Guia de herbicidas. **Londrina: Edição dos autores**, 5.ed., p. 484-490. 2005.
- ROSSI, C. V. S.; ALVES, P. L. C. A.; MARQUES JÚNIOR, J. Mobilidade do sulfentrazone em Latossolo Vermelho e em Chernossolo. **Planta Daninha**, v. 23, p. 701-710, 2005.
- SANTOS, Claiton Gomes *et al.* Residual do herbicida imazetapir na cultura do milho. In: **Colloquium Agrariae**, p. 154-159, 2018.
- SANTOS, Gizelly *et al.* Carryover proporcionado pelos herbicidas S-metolachlor e trifluralin nas culturas de feijão, milho e soja. **Planta daninha**, v. 30, p. 827-834, 2012.
- SBCPD. Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas. **Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, Londrina: 1995.
- SEVERMINI, Gustavo Eduardo Bento *et al.* Desempenho de herbicidas pré-emergentes no controle de plantas daninhas na cultura da soja. **Contribuciones a las ciencias sociales**, v. 17, n. 7, 2024.
- SHANER, D. L. Field dissipation of sulfentrazone and pendimethalin in Colorado. **Weed Technology**, v. 26, n. 2, p. 633- 637, 2012.
- SILVA, D. V. *et al.* Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca. **Planta daninha**, v. 30, p. 901-910, 2012.
- SILVA, Jeovane N. *et al.* Production and quality of cowpea seeds desiccated with saflufenacil and flumioxazin. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 209-215, 2021.
- SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G. Ecofisiologia e fenologia das culturas do milho e do sorgo. In: PARFITT, J. M. B. Produção de milho e sorgo na várzea. **Embrapa Clima Temperado**, p. 7-18, 2000.
- SOUZA, Juliana Aparecida *et al.* Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, v. 70, p. 447-454, 2011.
- TANETANI, Yoshitaka *et al.* Action mechanism of a novel herbicide, pyroxasulfone. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 95, n. 1, p. 47-55, 2009.
- TEJADA, Manuel *et al.* Effect of controlled release formulations of diuron and alachlor herbicides on the biochemical activity of agricultural soils. **Journal of hazardous materials**, v. 322, p. 334-347, 2017.
- TIMOSSI, Paulo César; FREITAS, Tiago Trevizam. Eficácia de nicosulfuron isolado e associado com atrazine no manejo de plantas daninhas em milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 3, p. 210-218, 2011.

ULBRICH, A. V.; RODRIGUES, B. N.; LIMA, J. de. Efeito residual dos herbicidas imazaquin e imazethapyr, aplicados na soja, sobre o milho safrinha. **Planta Daninha**, v. 16, n. 2, p. 137–147, 1998.

USEPA. Technical Fact Sheet on Sulfentrazone. **Environmental Protection Agency**, 1997.

WEEDSCIENCE. Current status of the international herbicide-resistant weed database. **International Herbicide-Resistant Weed Database**, 2024. Disponível em: < <https://www.weedscience.org/Home.aspx> >. Acesso em: 01 jun. 2024.

## APÊNDICES

**Apêndice 1** – Análise de variância dos quadrados médios da fitotoxicidade aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura (FDAS), estande de plantas (EST), altura de plantas (ALT), Peso de mil grãos (PMG), Produtividade (PROD) de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO na safra 2022-2023.

| FV                | G<br>L | Soja – Safra 2022/2023 |         |         |         |         |         |          |
|-------------------|--------|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
|                   |        | FDAS                   |         |         | EST     | ALT     | PMG     | PROD     |
|                   |        | 14                     | 21      | 28      |         |         |         |          |
| <b>Tratamento</b> | 15     | 2,4154*                | 3,6883* | 3,9996* | 12,0910 | 295,47* | 15,7500 | 162,753* |
| <b>Bloco</b>      | 3      | 0,1456                 | 0,271*  | 0,0017  | 16,750* | 43,6500 | 88,791* | 405,227* |
| <b>erro</b>       | 45     | 0,1154                 | 0,0788  | 0,0523  | 17,237  | 25,9000 | 37,7583 | 65,6561  |
| <b>CV (%)</b>     |        | 16,03                  | 16,91   | 13,68   | 13,72   | 9,24    | 3,35    | 12,5     |

**Apêndice 2** – Análise de variância dos quadrados médios do controle de plantas daninhas aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura (DAS), de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO na safra 2022-2023.

| FV                | GL | Soja – Safra 2022/2023 |          |          |
|-------------------|----|------------------------|----------|----------|
|                   |    | DAS                    |          |          |
|                   |    | 14                     | 21       | 28       |
| <b>Tratamento</b> | 15 | 14,5489*               | 13,4322* | 12,5833* |
| <b>Bloco</b>      | 3  | 2,3489                 | 0,6822   | 3,375*   |
| <b>erro</b>       | 45 | 1,1267                 | 1,1934   | 0,0034   |
| <b>CV (%)</b>     |    | 71,51                  | 67,88    | 61,03    |

**Apêndice 3** – Análise de variância dos quadrados médios da fitotoxicidade aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura (FDAS), estande de plantas (EST), altura de plantas (ALT), peso de mil grãos (PMG), Produtividade (PROD) de soja cultivar DM53I54 RSF IPRO na safra 2023- 2024.

| FV                | GL | Soja – Safra 2023/2024 |         |         |         |         |         |         |
|-------------------|----|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                   |    | FDAS                   |         |         | EST     | ALT     | PMG     | PROD    |
|                   |    | 14                     | 21      | 28      |         |         |         |         |
| <b>Tratamento</b> | 15 | 0,9404*                | 1,6232* | 0,7481* | 3,8846  | 37,380* | 480,42* | 1245,4* |
| <b>Bloco</b>      | 3  | 0,0137                 | 0,0888  | 0,0891* | 41,110* | 16,9230 | 369,20* | 118,073 |
| <b>erro</b>       | 45 | 0,1643                 | 0,1987  | 0,9335  | 8,361   | 16,12   | 66,9201 | 135,916 |
| <b>CV (%)</b>     |    | 29,05                  | 27,79   | 22,93   | 7,44    | 5,16    | 4,37    | 19,18   |

**Apêndice 4** – Análise de variância dos quadrados médios do controle de plantas daninhas aos 14, 21 e 28 dias após a semeadura (DAS), de soja cultivar DM53154 RSF IPRO na safra 2023-2024.

| FV                | GL | Soja – Safra 2023/2024 |            |            |
|-------------------|----|------------------------|------------|------------|
|                   |    | DAS                    |            |            |
|                   |    | 14                     | 21         | 28         |
| <b>Tratamento</b> | 15 | 2902,2403*             | 2244,0396* | 2676,6245* |
| <b>Bloco</b>      | 3  | 598,2639*              | 660,6518   | 535.1329*  |
| <b>erro</b>       | 45 | 164,5450               | 104,7825   | 144,069    |
| <b>CV (%)</b>     |    | 16,58                  | 15,84      | 15,00      |

**Apêndice 5** – Análise de variância dos quadrados médios da fitotoxicidade aos 21 e 28 dias após a semeadura (FDAS), estande de plantas (EST), altura de inserção de espiga (ALTE), peso de mil grãos (PMG), números de fileiras por espiga (NFE), e Produtividade (PROD de milho híbrido B2702VYHR segunda safra 2023-2024.

| FV                | GL | Milho – Segunda Safra 2023/2024 |         |        |         |        |         |
|-------------------|----|---------------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|
|                   |    | FDAS                            |         | EST    | ALTE    | NFE    | PROD    |
|                   |    | 28                              | 35      |        |         |        |         |
| <b>Tratamento</b> | 15 | 0,8321*                         | 0,9248* | 0,2322 | 59,926* | 0,2133 | 135,854 |
| <b>Bloco</b>      | 3  | 0,0296                          | 0,0806  | 0,6822 | 7765,0* | 0,2866 | 64,0980 |
| <b>erro</b>       | 45 | 3,8223                          | 0,1153  | 0,338  | 29,72   | 0,1835 | 98,4016 |
| <b>CV (%)</b>     |    | 24,44                           | 27,512  | 6,73   | 4,71    | 3,16   | 7,93    |